

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Отделение/НОЦ Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль Промышленная теплоэнергетика

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>ПРОЕКТ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МИКРОРАЙОНА №7Б ГОРОДА КЕМЕРОВО</b>

УДК 697.34.001.6(571.17)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5БЗБ1	Котлярова Наталья Юрьевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШФВП	Высокоморная Ольга Валерьевна	к.ф-м.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель Отделения социально- гуманитарных наук	Кузьмина Наталия Геннадьевна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент Отделения контроля и диагностики	Василевский Михаил Викторович	к.т.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель Отделения/НОЦ/ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Антонова Александра Михайловна	к.т.н., доцент		

Томск – 2018 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результаты обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
P2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач.
P3	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
P4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
P5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P6	Осознавать необходимость и демонстрировать способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни, непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<b>Универсальные компетенции</b>	
P7	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности в широком (в том числе междисциплинарном) контексте в комплексной инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии
P8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач комплексного инженерного анализа с использованием базовых и специальных знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
P9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять комплексные инженерные проекты с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
P10	Проводить комплексные научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением базовых и специальных знаний и

	современных методов.
P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами на основе АСУТП; использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
Специальные профессиональные	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерная школа энергетики

Отделение/НОЦ Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль Промышленная теплоэнергетика

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель профиля

Е.Е. Бульба

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

\_\_\_\_\_  
(Дата)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

<b>Бакалаврской работы</b>
----------------------------

(бакалаврской работы, /работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
<b>3-5БЗБ1</b>	Котляровой Наталье Юрьевне

Тема работы:

<b>Проект системы теплоснабжения микрорайона №7Б города Кемерово</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной  
работы

--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Технико-экономические характеристики элементов системы теплоснабжения города Кемерово: состав теплопотребителей квартала, характеристики основного и вспомогательного оборудования тепловой сети.
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Расчет тепловой нагрузки  Отпуск теплоты на отопление  Отпуск теплоты на вентиляцию  Отпуск теплоты на горячее водоснабжение  Расчет и построение графиков годовых нагрузок  Построение графика температур  Выбор системы теплоснабжения  Гидравлический расчет тепловых сетей, разработка гидравлического режима сети  Расчетные и суммарные расходы сетевой воды  Расчетный расход сетевой воды на отопление  Расчетный расход сетевой воды на вентиляцию  Расчетный максимальный расход сетевой воды на ГВС  Расчет и подбор теплообменного оборудования для индивидуального теплового узла</p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p><b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b></p>	<p>Н.Г. Кузьмина, старший преподаватель Отделения социально-гуманитарных наук</p>
<p><b>Социальная ответственность</b></p>	<p>М.В. Василевский, доцент Отделения контроля и диагностики</p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Высокоморная Ольга Валерьевна	К. ф-м. н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5БЗБ1	Котлярова Наталья Юрьевна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 102 с., 4 рисунка, 19 таблиц, 12 источников, л. графического материала.

Ключевые слова: ПРОЕКТ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, НАГРУЗКА, ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ, ОБОРУДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ, ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ТЕПЛОВОЙ ПУНКТ.

Цель работы – проект системы теплоснабжения квартала №7Б в г. Кемерово.

По результатам дипломной работы разработан проект системы теплоснабжения микрорайона №7Б.

Разработана схема регулирования отпуска теплоты, отвечающая современным требованиям качества предоставляемых услуг, без нарушения гидравлического режима существующих тепловых сетей, произведён расчет и подбор оборудования индивидуального теплового пункта.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 7.0, чертежи выполнены в AutoCAD.

## Содержание

Введение	10
1 Общая часть	12
2 Расчет тепловых нагрузок	14
2.1 Расход теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение	14
2.1.1 Расчет тепловых потоков на отопление	14
2.1.2 Тепловая нагрузка на вентиляцию	15
2.1.3 Расчет расхода теплоты на горячее водопотребление	15
3 Графики расхода теплоты	20
3.1 График расхода тепла по месяцам года	20
3.2 Часовые расходы теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение	22
3.3 Годовой расход теплоты	24
3.3.1 Годовой расход тепла на вентиляцию	25
3.3.2 Годовой расход теплоты на горячее водоснабжение	25
4 Выбор системы теплоснабжения	29
5 Выбор регулирования отпуска тепла в тепловые сети. Построение графика температур	33
6 Гидравлический расчет магистральных и распределительных тепловых сетей	38
6.1 Определение расчетных расходов сетевой воды в тепловой сети	38
6.2 Методика гидравлического расчет тепловых сетей	42
6.2.1 Предварительный расчет	42
6.2.2 Окончательный расчет	43
6.2.3 Гидравлический расчет тепловой сети для летнего режима	47
6.3 Построение пьезометрического графика	52
7 Оборудование тепловых сетей	53
7.1 Трасса и профиль теплотрассы	53
7.2 Трубопроводы и арматура	53
7.3 Расчет и подбор компенсаторов	54

7.3.1 Методика расчета П–образных компенсаторов	54
8 Тепловой расчет теплоизоляционной конструкции	59
9 Выбор оборудования для индивидуального теплового пункта	64
9.1 Тепловой и гидравлический расчет водоподогревателя горячего водоснабжения, присоединенного по параллельной схеме	64
9.2 Тепловой и гидравлический расчет водоподогревателя на систему отопления	69
9.3 Выбор циркуляционных насосов на систему отопления и горячее водоснабжение	72
9.4 Регулирующая и запорная арматура	73
9.5 Фильтры	73
9.6 Теплосчетчик	73
9.7 Измеритель температуры	73
9.8 Электронное управляющее устройство	74
10 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	76
10.1 Планирование работ и оценка времени их выполнения	76
10.2 Смета затрат на разработку проекта	77
10.2.1 Материальные затраты	78
10.2.2 Амортизация компьютерной техники	78
10.2.3 Затраты на заработную плату	78
10.2.4 Затраты на социальные отчисления	79
10.2.5 Прочие затраты	80
10.3 Расчет экономической эффективности	81
10.3.1 Годовые эксплуатационные издержки по тепловым сетям составляют:	81
10.3.2 Расчет эффективности	84
11 Социальная ответственность	86
11.1 Характеристика объекта	88
11.2 Опасные и вредные факторы	89
11.3 Защита персонала от воздействия опасных и вредных факторов	89
11.3.1 Защита от шума	91



11.3.2 Защита от вибрации	92
11.3.3 Микроклимат	93
11.3.4 Электробезопасность	94
11.4 Экологическая безопасность	96
11.5 Чрезвычайные ситуации	98
11.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	100
Заключение	102
Список используемых источников	103

## Введение

Централизованная система теплоснабжения включает в себя три основных звена – источники тепла, тепловые сети и местные системы потребления – системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения (ГВС). Потребность в тепле у теплоиспользующих потребителей не является постоянной и меняется как в зависимости от метеорологических условий, так и от ряда других факторов.

Рост централизации ведет к увеличению протяженности тепловых сетей, связывая источник тепла с большим количеством потребителей имеющих различную по величине и назначению тепловых нагрузок тепловые сети должны обеспечивать слаженную работу всех звеньев системы централизованного теплоснабжения.

Источником теплоснабжения квартала №7Б рассматриваемая в дипломном проекте является Кемеровская ГРЭС входящая в состав АО «Кемеровская Генерация», точка подключения для теплоснабжения строящегося микрорайона в теплопровод IV тепломагистрали 2 Ду 1000 мм. Располагаемый напор в точке подключения 47 м.

Строящийся микрорайон состоит из 16 жилых домов и 1 общеобразовательного учреждения, общий объем зданий 422248 м<sup>3</sup>.

Исходя из цели, задачами дипломной работы являются:

- расчет по укрупненным показателям, исходя из известных объемов зданий максимальных и средних расчетных тепловых нагрузок на отопление и вентиляцию в зависимости от температуры наружного воздуха;
- максимальных и средних тепловых нагрузок на горячее водоснабжение, среднего теплового потока на ГВС в неотапительный период;
- расчет суммарной тепловой нагрузки на микрорайон;
- построение графиков расхода теплоты часовые, по месяцам и годовые;
- построение графиков температур для регулирования отпуска тепла;

- выбор подключения потребителей при независимом присоединении к тепловым сетям;
- гидравлический расчет трубопроводов;
- выбор и расчет оборудования индивидуального теплового пункта.

# 1 Общая часть

Список зданий, строящихся в микрорайоне №7Б, г. Кемерово, сводим в таблицу 1

Таблица 1– Список зданий

№	Адрес	Этажность	Потребители тепла	Число квартир	Общий объем здания, м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6
1	пр. Притомский, 9 блок секция I	14	Жилой дом (первый этаж офисы)	208	25242
	пр. Притомский, 9 блок секция II	14	Жилой дом (первый этаж офисы)	208	25242
	пр. Притомский, 9 блок секция III	14	Жилой дом (первый этаж офисы)	208	25242
2	пр. Притомский, 9а	12	Жилой дом	192	21600
3	пр. Притомский, 9б	12	Жилой дом	192	21600
4	пр. Притомский, 11 блок секция I	14	Жилой дом (первый этаж офисы)	208	25242
	пр. Притомский, 11 блок секция II	14	Жилой дом (первый этаж офисы)	208	25242
	пр. Притомский, 11 блок секция III	14	Жилой дом (первый этаж офисы)	208	25242
5	пр. Притомский, 11а	12	Жилой дом	192	21600
6	пр. Притомский, 11б	12	Жилой дом	192	21600
7	ул. 4-ая Заречная, 3	9	Жилой дом	162	17550
8	ул. 4-ая Заречная, 3а	16	Жилой дом	144	15072
9	ул. 4-ая Заречная, 5	9	Жилой дом	126	11304
10	ул. 4-ая Заречная, 5а	16	Жилой дом	144	15072
11	ул. 4-ая Заречная, 5б	12	Жилой дом	192	21600
12	ул. 4-ая Заречная, 7 (школа)	4	школа (1000 учеников)		24200
13	ул. 4-ая Заречная, 9	12	Жилой дом	192	21550
14	ул. 4-ая Заречная, 9а	16	Жилой дом	144	15072
15	ул. 4-ая Заречная, 9б	16	Жилой дом	144	15072
16	ул. 4-ая Заречная, 11	12	Жилой дом	120	12568

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
17	ул. 4-ая Заречная, 11а	15	Жилой дом	144	15336

Климатические данные города Кемерова принимаем таблице [1] и сводим в таблицу 2:

Таблица 2 – Климатические данные города

Температура расчетная на отопление	Температура расчетная на вентиляцию	Средняя температура отопительного периода	Продолжительность отопительного периода
$t_o^p = -39\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_b^p = -24\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{o.п.} = -8,8\text{ }^{\circ}\text{C}$	$n=5568\text{ ч}$

Температуру внутреннего воздуха помещений принимаем [2] и сводим в таблицу 3:

Таблица 3 – Температура внутреннего воздуха помещений

температура внутреннего воздуха в жилых зданиях	температура внутреннего воздуха в помещении школы
$t_{вн} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{вн} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$

## 2 Расчет тепловых нагрузок

### 2.1 Расход теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение

К тепловой нагрузке относят отпуск тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение.

Тепловые нагрузки на отопление и вентиляцию зависят от температуры наружного воздуха и других климатических условий, и считаются сезонными тепловыми нагрузками.

Тепловая нагрузка на горячее водоснабжение не зависит от температуры наружного воздуха и считается круглогодичной тепловой нагрузкой.

Потребность тепла на отопление и вентиляцию рассчитана для двух режимов: максимального, по которому определена тепловая мощность системы, и среднего.

#### 2.1.1 Расчет тепловых потоков на отопление

Максимальный тепловой поток на отопление:

$$Q_{ov}^p = \beta \cdot q_{ov} \cdot V_H \cdot (t_{BH}^p - t_o^p) \cdot 10^{-6}, \text{ МВт} \quad (1)$$

где  $q_{ov}$  – удельная отопительная характеристика на отопление  $1 \text{ м}^3$  [1],  $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $\beta$  – поправочный коэффициент, учитывающий климатические условия района [1];  $V_H$  – наружный объем здания,  $\text{м}^3$ ;  $t_{BH}^p$  – расчетная температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_o^p$  – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления,  $^\circ\text{C}$ .

Средний тепловой поток на отопление для средней  $t_{HB}^{CP}$  за отопительный сезон температуры наружного воздуха:

$$Q_o^{CP} = Q_o^p \cdot \frac{(t_{BH}^p - t_{HB}^{CP})}{(t_{BH}^p - t_o^p)}, \text{ МВт}, \quad (2)$$

где  $t_{HB}^{CP}$  – средняя температура наружного воздуха за отопительный период,  $t_{HB}^{CP} = -8,8 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

### 2.1.2 Тепловая нагрузка на вентиляцию

Максимальный тепловой поток на вентиляцию

$$Q_B^P = \beta \cdot q_B \cdot V_H \cdot (t_{BH}^P - t_{HB}^P) \cdot 10^{-6}, \text{ МВт}, \quad (3)$$

где  $q_B$  – удельная вентиляционная характеристика, Вт/(м<sup>3</sup>·°C), [1];  $t_{HB}^P$  – расчетная температура наружного воздуха для вентиляции, °C;  $\beta$  – поправочный коэффициент, учитывающий климатические условия района.

Средний тепловой поток на вентиляцию для средней температуры воздуха  $t_{HB}^{CP}$  за отопительный сезон,  $t_{HB}^{CP} = -8,8$  °C:

$$Q_B^{CP} = Q_B^P \cdot \frac{(t_{BH}^P - t_{HB}^{CP})}{(t_{BH}^P - t_{HB}^P)}, \text{ МВт}. \quad (4)$$

В жилых домах осуществляется естественная вентиляция, воздухообмен происходит за счет разницы давления снаружи и внутри здания, поэтому:

$$Q_B^P = Q_B^{CP} = 0 \text{ МВт}.$$

### 2.1.3 Расчет расхода теплоты на горячее водопотребление

Горячее водоснабжение имеет непостоянный характер как в течение суток, так и в течение недели.

Средний тепловой поток на горячее водоснабжение:

$$Q_{ГВС}^{CP} = \frac{1,2 \cdot m \cdot (a + b) \cdot (t_{Г} - t_{Х}) \cdot c}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6}, \text{ МВт} \quad (5)$$

где 1,2 – коэффициент, учитывающий потери теплоты в местных установках горячего водоснабжения;  $m$  – расчетное количество потребителей горячей воды;  $a$  – норма расхода воды на ГВС при температуре 60 °C на одного человека в сутки, проживающего в здании с горячим водоснабжением, принимается в зависимости от степени комфортности, л/сут. на 1 чел. [1];  $b$  – норма расхода воды на ГВС в общественных зданиях при температуре 55 °C, принимается в размере 25 л/сут. на 1 чел;  $t_{Х}$  – температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период (при отсутствии данных

принимается равной  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),  $t_x = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $c$  – удельная изобарная теплоемкость воды, равная  $4,187\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ .

Число жителей принимается из условия проживания в среднем в одной квартире три человека.

Максимальный тепловой поток на горячее водоснабжение в жилых и общественных зданиях:

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}} = 2,4 \cdot Q_{\text{ГВС}}^{\text{CP}}, \text{ МВт}, \quad (6)$$

где – 2,4 коэффициент суточной неравномерности потребления горячей воды.

Средний тепловой поток на горячее водоснабжение в неотапительный (летний) период:

$$Q_{\text{ГВС.Л}}^{\text{CP}} = Q_{\text{ГВС}}^{\text{CP}} \cdot \frac{(60 - t_{\text{Л}})}{(60 - t_3)} \cdot \beta, \text{ МВт}, \quad (7)$$

где  $t_{\text{Л}}$ ,  $t_3$  – соответственно температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период (при отсутствии данных принимается равной  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и неотапительный (летний) период (принимается равной  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ );  $\beta$  – коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на горячее водоснабжение в неотапительный период по отношению к отопительному периоду, принимаемый при отсутствии данных для жилищно-коммунального сектора – 0,8 (для курортных и южных городов  $\beta = 1,5$ ), для предприятий – 1,0.

Нормы расхода воды принимаем [1]:

на 1-го жителя -120 л/сут.; на 1 ученика в смену – 8 л.

Проведен расчет нагрузок для одного из жилого дома пр. Притомский, 9 (блок секция I) и школы ул. 4-ая Заречная, 7.

Максимальный тепловой поток на отопление находим по формуле (1):

$$Q_{\text{O(13-эт., 1-этаж офисы)}}^{\text{P}} = 0,91 \cdot 0,37 \cdot 25242 \cdot (20 - (39)) \cdot 10^{-6} = 0,501 \text{ МВт};$$

$$Q_{\text{O(школа)}}^{\text{P}} = 0,91 \cdot 0,37 \cdot 24200 \cdot (18 - (39)) \cdot 10^{-6} = 0,464 \text{ МВт}.$$

Средний тепловой поток на отопление находим по формуле (2):



$$Q_{O(13\text{-эт., 1-этаж офисы)}}^{\text{CP}} = 0,501 \cdot \frac{(20 - (-8,8))}{(20 - (-39))} = 0,24 \text{ МВт};$$

$$Q_{O(\text{школа})}^{\text{CP}} = 0,44 \cdot \frac{(18 - (-8,8))}{(18 - (-39))} = 0,22 \text{ МВт}.$$

Максимальный тепловой поток на вентиляцию находим по формуле (3):

$$Q_{B(\text{школа})}^{\text{P}} = 0,91 \cdot 0,07 \cdot 24200 \cdot (18 - (-24)) \cdot 10^{-6} = 0,065 \text{ МВт}.$$

Средний тепловой поток на вентиляцию находим по формуле (4):

$$Q_B^{\text{CP}} = 0,065 \cdot \frac{(18 - (-8,8))}{(18 - (-24))} = 0,041 \text{ МВт}.$$

В жилом доме пр. Притомский, 9 (блок секция I) 208 квартир и офисы, средний тепловой поток на горячее водоснабжение находим по формуле (5):

$$Q_{\text{ГВС}(13\text{-эт., 1-этаж офисы})}^{\text{CP}} = \frac{1,2 \cdot 624 \cdot (120 + 25) \cdot (60 - 5) \cdot 4,187}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} = 0,289 \text{ МВт};$$

$$Q_{\text{ГВС}(\text{школа})}^{\text{CP}} = \frac{1,2 \cdot 1000 \cdot 8 \cdot (60 - 5) \cdot 4,187}{12 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} = 0,051 \text{ МВт}.$$

Максимальный тепловой поток на горячее водоснабжение находим по формуле (6):

$$Q_{\text{ГВС}(13\text{-эт., 1-этаж офисы})}^{\text{max}} = 2,4 \cdot 0,289 = 0,694 \text{ МВт};$$

$$Q_{\text{ГВС}(\text{школа})}^{\text{max}} = 2,4 \cdot 0,051 = 0,122 \text{ МВт}.$$

Средний тепловой поток на горячее водоснабжение в неотапительный (летний) период находим по формуле (7):

$$Q_{\text{ГВС.Л}(13\text{-эт., 1-этаж офисы})}^{\text{CP}} = 0,289 \cdot \frac{(60 - 15)}{(60 - 5)} \cdot 0,8 = 0,189 \text{ МВт};$$

$$Q_{\text{ГВС.Л}(\text{школа})}^{\text{CP}} = 0,051 \cdot \frac{(60 - 15)}{(60 - 5)} \cdot 0,8 = 0,042 \text{ МВт}.$$

Полученные результаты расчетов сводим в таблицу 4

Таблица 4 – Расчетная таблица потребности теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение при температуре наружного воздуха (-39 °С)

№п/п	Адрес	Потребители тепла	Число квартир	Общий объем здания, м <sup>3</sup>	Кол-во жителей, <i>m</i>	Удельные характеристики на отопление, <i>q<sub>o</sub></i>	Удельные характеристики на вентиляцию, <i>q<sub>v</sub></i>	Расчетные тепловые нагрузки					$Q_{\Sigma} = Q_{OV}^p + Q_B^p + Q_{ГВС}^{max}$
								$Q_{OV}^p$	$Q_B^p$	$Q_{ГВС}^{CP}$	$Q_{ГВС}^{max}$	$Q_{ГВС,Л}^{CP}$	
1	пр. Притомский, 9 (блок секция I)	Жилой дом (первый этаж офисы)	208	25242	624	0,37		0,501		0,289	0,695	0,189	1,20
	пр. Притомский, 9 блок секция II	Жилой дом (первый этаж офисы)	208	25242	624	0,37		0,501		0,289	0,695	0,189	1,20
	пр. Притомский, 9 блок секция III	Жилой дом (первый этаж офисы)	208	25242	624	0,37		0,501		0,289	0,695	0,189	1,20
2	пр. Притомский, 9а	Жилой дом	192	21600	576	0,37		0,429		0,221	0,531	0,145	0,96
3	пр. Притомский, 9б	Жилой дом	192	21600	576	0,37		0,429		0,221	0,531	0,145	0,96
4	пр. Притомский, 11 блок секция I	Жилой дом (первый этаж офисы)	208	25242	624	0,37		0,501		0,289	0,695	0,189	1,20
	пр. Притомский, 11 блок секция II	Жилой дом (первый этаж офисы)	208	25242	624	0,37		0,501		0,289	0,695	0,189	1,20
	пр. Притомский, 11 блок секция III	Жилой дом (первый этаж офисы)	208	25242	624	0,37		0,501		0,289	0,695	0,189	1,20
5	пр. Притомский, 11а	Жилой дом	192	21600	576	0,37		0,429		0,221	0,531	0,145	0,96

Продолжение таблицы 4

6	пр. Притомский, 11б	Жилой дом	192	21600	576	0,37		0,429		0,221	0,531	0,145	0,96
7	ул. 4-ая Заречная, 3	Жилой дом	162	17550	486	0,37		0,349		0,187	0,448	0,122	0,80
8	ул. 4-ая Заречная, 3а	Жилой дом	144	15072	432	0,37		0,299		0,166	0,398	0,109	0,70
9	ул. 4-ая Заречная, 5	Жилой дом	126	11304	378	0,38		0,231		0,145	0,348	0,095	0,58
10	ул. 4-ая Заречная, 5а	Жилой дом	144	15072	432	0,37		0,299		0,166	0,398	0,109	0,70
11	ул. 4-ая Заречная, 5б	Жилой дом	192	21600	576	0,37		0,429		0,221	0,531	0,145	0,96
12	ул. 4-ая Заречная, 7 (школа)	школа (1000 учеников)		24200	1000	0,37	0,07	0,464	0,065	0,051	0,123	0,042	0,65
13	ул. 4-ая Заречная, 9	Жилой дом	192	21550	576	0,37		0,428		0,221	0,531	0,145	0,96
14	ул. 4-ая Заречная, 9а	Жилой дом	144	15072	432	0,37		0,299		0,166	0,398	0,109	0,70
15	ул. 4-ая Заречная, 9б	Жилой дом	144	15072	432	0,37		0,299		0,166	0,398	0,109	0,70
16	ул. 4-ая Заречная, 11	Жилой дом	120	12568	360	0,37		0,250		0,138	0,332	0,090	0,58
17	ул. 4-ая Заречная, 11а	Жилой дом	144	15336	432	0,37		0,305		0,166	0,398	0,109	0,70
								8,38	0,065	4,41	10,59	2,9	19,03

### 3 Графики расхода теплоты

Исследование характера изменения тепловых нагрузок в течение года крайне важно для определения расходов топлива, рационального использования стационарного оборудования, а также для технико-экономических расчетов при проектировании и эксплуатации системы теплоснабжения.

#### 3.1 График расхода тепла по месяцам года

Для построения годового графика теплового потребления по месяцам по [1] находим среднемесячные температуры наружного воздуха.

Определяем расходы теплоты на отопление и вентиляцию для каждого месяца со среднемесячной температурой ниже  $+10^{\circ}\text{C}$ .

Расходы теплоты на отопление находим по формуле:

$$Q_O^M = Q_O^P \cdot \left( \frac{t_{BH} - t_H^{CP.M}}{t_{BH} - t_O^P} \right), \text{ МВт}, \quad (8)$$

Расходы теплоты на вентиляцию находим по формуле:

$$Q_B^M = Q_B^P \cdot \left( \frac{t_{BH} - t_H^{CP.M}}{t_{BH} - t_B^P} \right), \text{ МВт}, \quad (9)$$

где  $Q_O^P$ ,  $Q_B^P$  – максимальный тепловой поток на отопление и вентиляцию, МВт.;  $t_H^{CP.M}$  – среднемесячная температура наружного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_O^P$ ,  $t_B^P$  – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления и вентиляции,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{BH}$  – температура внутреннего воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ .

Определяем суммарные расходы теплоты для месяцев отопительного периода как сумму расходов теплоты на отопление, вентиляции и средний тепловой поток на горячее водоснабжение в отопительный и неотопительный (летний) периоды соответственно, по формуле:

$$Q_{\Sigma}^M = Q_O^M + Q_B^M + Q_{ГВС}^{CP}, \text{ МВт}, \quad (10)$$

Выполним расчеты для января месяца подставляя данные в формулы (8) и (9):

$$Q_O^{\text{я}} = 8,38 \cdot \left( \frac{20 - (-17,9)}{20 - (-39)} \right) = 5,38 \text{ МВт};$$

$$Q_B^{\text{я}} = 0,065 \cdot \left( \frac{18 - (-17,9)}{18 - (-24)} \right) = 0,055 \text{ МВт};$$

Суммарные расходы теплоты по формуле (10):

$$Q_{\Sigma}^{\text{я}} = 5,38 + 0,055 + 2,92 = 8,36 \text{ МВт}.$$

Аналогично выполняем расчеты и для других месяцев отопительного периода. Расчеты сводим в таблицу 5

Таблица 5 – Расходы теплоты по месяцам

Расходы теплоты по месяцам, МВт	Среднемесячные температуры наружного воздуха											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	-17,9	-15,8	-8,1	1,8	10,6	16,4	19	15,8	9,5	1,9	-7,8	-15,2
$Q_O^{\text{М}}$	5,38	5,08	3,99	2,58					1,49	2,57	3,95	5,00
$Q_B^{\text{М}}$	0,055	0,052	0,04	0,025					0,013	0,025	0,04	0,051
$Q_{\text{ГВС}}^{\text{СР}}, Q_{\text{ГВС.Л}}^{\text{СР}}$	4,41	4,41	4,41	4,41	2,9	2,9	2,9	2,9	4,41	4,41	4,41	4,41
$Q_{\text{СУМ}}^{\text{М}}$	9,85	9,55	8,44	7,02	2,90	2,90	2,90	2,90	5,91	7,00	8,40	9,46

Используя полученные данные, построим годовой график теплового потребления по месяцам (рисунок 1)

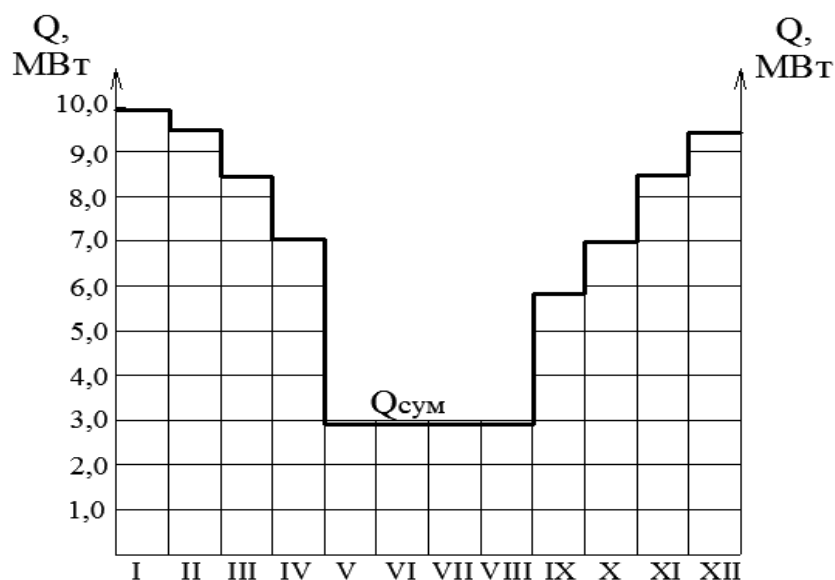


Рисунок 1 – Годовой график теплового потребления по месяцам

### 3.2 Часовые расходы теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение

Для построения часовых графиков расходов теплоты на отопление и вентиляцию достаточно использовать два значения расхода теплоты:  $Q_B^P$  и  $Q_O^P$  определенные при температуре наружного воздуха начала (конца) отопительного периода  $t_{HK}$ . При определении расхода теплоты на отопление и вентиляцию для любых температур наружного воздуха  $t_H$  определяем по формулам:

расход теплоты на отопление [3]:

$$Q_O = \frac{Q_O^P \cdot (t_i - t_H)}{t_i - t_H^P}, \text{ МВт}, \quad (11)$$

расход теплоты на вентиляцию [3]:

$$Q_B = \frac{Q_B^P \cdot (t_i - t_H)}{t_i - t_H^P}, \text{ МВт}, \quad (12)$$

где  $t_i$  – средняя температура воздуха в отапливаемых зданиях, принимается равным  $20^\circ\text{C}$ ;  $t_H$  – текущее значение температуры наружного воздуха (для +8, +5, 0, -5, -10, -15, -20, -25, -30, -35, -39);  $t_H^P$  – расчётная

температура наружного воздуха для проектирования систем отопления,  
 $t_H^P = -39\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Пример расчета расхода теплоты для отопления и вентиляции произведем для  $t_H = 8\text{ }^{\circ}\text{C}$  по формулам (11) и (12):

$$Q_O^{+8} = \frac{8,38 \cdot (20 - 8)}{20 - (-39)} = 1,70 \text{ МВт};$$

$$Q_B^{+8} = \frac{0,065 \cdot (20 - 8)}{20 - (-39)} = 0,015 \text{ МВт}.$$

Тепловая нагрузка на горячее водоснабжение – круглогодовая, в течение отопительного периода условно принимается постоянной  $Q_{ГВС}^{CP} = 4,41$  МВт, не зависящей от температуры наружного воздуха [3]. Поэтому график часового расхода теплоты на горячее водоснабжение представляет собой прямую, параллельную абсцисс.

Аналогичный расчет расхода теплоты произведем при остальных температурах наружного воздуха и сведем в таблицу 6

Таблица 6 – Результаты расчета графиков тепловых нагрузок микрорайона

$t_H, ^{\circ}\text{C}$	$n, \text{ ч}$	$Q_O, \text{ МВт}$	$Q_B, \text{ МВт}$	$Q_{ГВС}^{CP}, \text{ МВт}$	$Q_{\Sigma}, \text{ МВт}$
8	5568	1,70	0,015	4,41	6,13
5	5055	2,13	0,020	4,41	6,56
0	4237	2,84	0,028	4,41	7,28
-5	3352	3,55	0,036	4,41	8,00
-10	2467	4,26	0,043	4,41	8,71
-15	1584	4,97	0,051	4,41	9,43
-20	926	5,68	0,059	4,41	10,15
-25	494	6,39	0,065	4,41	10,87
-30	207	7,10	0,065	4,41	11,58
-35	90	7,81	0,065	4,41	12,29
-39	15	8,38	0,065	4,41	12,86

### 3.3 Годовой расход теплоты

График годового расхода теплоты по продолжительности стояния температур наружного воздуха строится на основании графика суммарных часовых теплоты и состоит из двух частей: левой – графика зависимости суммарных часовых расходов теплоты от температуры наружного воздуха и правой – годового графика расхода теплоты.

Годовой расход теплоты потребителями района определяется по формуле:

$$Q^{\text{год}} = Q_{\text{О}}^{\text{год}} + Q_{\text{В}}^{\text{год}} + Q_{\text{ГВС}}^{\text{год}} + Q_{\text{Т}}^{\text{год}}, \quad (13)$$

где  $Q_{\text{О}}^{\text{год}}$ ,  $Q_{\text{В}}^{\text{год}}$ ,  $Q_{\text{ГВС}}^{\text{год}}$ ,  $Q_{\text{Т}}^{\text{год}}$  – годовые расходы теплоты на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и технологические нужды.

Годовой расход теплоты на отопление:

$$Q_{\text{О}}^{\text{год}} = Q_{\text{О}}^{\text{Р}} \cdot \left[ (n_{\text{О}} - n_{\text{Д}}) + n_{\text{Д}} \cdot \frac{t_{\text{В.Д}} - t_{\text{Н}}^{\text{СР.О}}}{t_{\text{ВН}}^{\text{Р}} - t_{\text{Н}}^{\text{СР.О}}} \right], \text{ МВт}, \quad (14)$$

где  $n_{\text{О}}$  – продолжительность работы системы отопления (для жилых и общественных зданий – продолжительность отопительного периода),  $n_{\text{О}} = 5568$  ч;  $n_{\text{Д}}$  – длительность работы дежурного отопления, с/год или ч/год;  $t_{\text{В.Д}}$  – температура внутреннего воздуха при работе дежурного отопления, °C;  $Q_{\text{О}}^{\text{Р}}$  – средняя нагрузка на отопительный период (формула 1), МВт;  $t_{\text{Н}}^{\text{СР.О}}$  – средняя температура наружного воздуха (за любой интервал отопительного периода), определяется по формуле:

$$t_{\text{Н}}^{\text{СР.О}} = \frac{n_1 \cdot t_{\text{Н1}}^{\text{СР}} + n_2 \cdot t_{\text{Н2}}^{\text{СР}} + \dots + n_m \cdot t_{\text{Нм}}^{\text{СР}}}{n_1 + n_2 + \dots + n_m}, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Для определения средней температуры наружного воздуха г. Кемерово (за любой интервал отопительного периода) определим [4] и запишем в таблицу 7



Таблица 7 – Продолжительность стояния температур наружного воздуха

Продолжительность стояния, $n$ , час	-40 и выше	от -39,9 до -35,0	от -34,9 до -30,0	от -29,9 до -25,0	от -24,9 до -20,0	от -19,9 до -15,0	от -14,9 до -10,0	от -9,9 до -5,0	от -4,9 до 0,0	от +0,1 до +5,0	от +5,1 до +10,0
$n$	15	75	117	287	432	658	883	885	885	818	513
$\sum n$	15	90	207	494	926	1584	2467	3352	4237	5055	5568

Для жилых зданий  $n_d = 0$ , и уравнение (14) примет вид:

$$Q_o^{\text{год}} = Q_o^{\text{ср}} \cdot n_o, \text{ МВт.}$$

### 3.3.1 Годовой расход тепла на вентиляцию

$$Q_B^{\text{год}} = Q_B^{\text{р}} \cdot \left[ n_B + \frac{t_B^{\text{р}} - t_{\text{н}}^{\text{ср.в}}}{t_B^{\text{р}} - t_{\text{нв}}^{\text{р}}} \cdot (n_o - n_B) \right] \cdot \left( 1 - \frac{n_d^{\text{в}}}{n_o} \right), \text{ МВт}, \quad (16)$$

где  $Q_B^{\text{р}}$  – расчетный расход тепла на вентиляцию (формула 3);  $n_B$  – продолжительность отопительного периода с температурой наружного воздуха  $t_{\text{н}} < t_{\text{нв}}^{\text{р}}$  (при  $t_{\text{нв}} = t_o^{\text{р}}, n_B = 0$ ), ч;  $n_d^{\text{в}}$  – длительность отопительного периода, когда вентиляция не работает, ч;  $t_{\text{н}}^{\text{ср.в}}$  – средняя температура наружного воздуха за период работы вентиляции от начала отопительного периода  $t_{\text{н}} = t_{\text{нк}}$  до  $t_{\text{н}} = t_{\text{нв}}^{\text{р}}, ^\circ\text{C}$ .

### 3.3.2 Годовой расход теплоты на горячее водоснабжение

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{год}} = Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср}} \cdot \left[ n_o + \varphi_{\text{ГВС}}^{\text{л}} \cdot \frac{t_{\text{Г}} - t_{\text{Х}}^{\text{л}}}{t_{\text{Г}} - t_{\text{Х}}^3} \cdot (n_{\text{Г}} - n_o) \right], \text{ МВт} \quad (17)$$

где  $Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср}}$  – средний тепловой поток на горячее водоснабжение (формула 5), МВт;  $n_{\text{Г}}$  – длительность работы системы горячего водоснабжения, при отсутствии данных принимаем  $n_{\text{Г}} = 8400$  ч/год;  $\varphi_{\text{ГВС}}^{\text{л}}$  – коэффициент снижения часового расхода воды на горячее водоснабжение в летний период,  $\varphi_{\text{ГВС}}^{\text{л}} = 0,8$ ;  $t_{\text{Г}}, t_{\text{Х}}^{\text{л}}, t_{\text{Х}}^3$  – температура соответственно горячей воды и холодной водопроводной воды летом и зимой,  $^\circ\text{C}$ .

Проведен расчет годовых нагрузок для одного из жилых домов пр. Притомский, 9 (блок секция I) и школы ул. 4-ая Заречная, 7.

Определяем среднюю температуру наружного воздуха (за любой интервал отопительного периода), по формуле (15):

$$t_{\text{н}}^{\text{ср.о}} = \frac{513 \cdot 7,5 + 818 \cdot 2,5 + 885 \cdot (-2,5) + 885 \cdot (-7,5) + 883 \cdot (-12,5) + 658 \cdot (-17,5) + 432 \cdot (-22,5) + 287 \cdot (-25,5) + 117 \cdot (-32,5) + 75 \cdot (-37,5) + 15 \cdot (-40)}{(513 + 818 + 885 + 885 + 883 + 658 + 432 + 287 + 117 + 75 + 15)} = -9,1 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Годовой расход теплоты на отопление по формуле (14):

$$Q_{\text{O(14-эт., 1-этаж офисы)}}^{\text{год}} = 0,501 \cdot \left( \frac{20 - (-9,1)}{20 - (-39)} \right) \cdot 5568 = 1375,87 \text{ МВт};$$

$$Q_{\text{O(школа)}}^{\text{год}} = 0,464 \cdot \left( \frac{18 - (-9,1)}{18 - (-39)} \right) \cdot 5568 = 1228,32 \text{ МВт}.$$

Определяем среднюю температуру наружного воздуха за период работы вентиляции в интервале от начала отопительного периода  $t_{\text{н}} = t_{\text{нк}}$  до  $t_{\text{н}} = t_{\text{нв}}^{\text{п}}$ :

$$t_{\text{н}}^{\text{ср.в}} = \frac{513 \cdot 7,5 + 818 \cdot 2,5 + 885 \cdot (-2,5) + 885 \cdot (-7,5) + 883 \cdot (-12,5) + 658 \cdot (-17,5) + 432 \cdot (-22,5)}{(513 + 818 + 885 + 885 + 883 + 658 + 432)} = -6,9 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Годовой расход теплоты на вентиляцию для школы определяем по формуле (16):

$$Q_{\text{в}}^{\text{год}} = 0,065 \cdot \frac{12}{24} \cdot \left[ 5074 + \frac{18 - (-6,9)}{18 - (-24)} \cdot (5568 - 5074) \right] \cdot \left( 1 - \frac{494}{5568} \right) = 158,95 \text{ МВт}.$$

Годовой расход теплоты на горячее водоснабжение определяем по формуле (17):

$$Q_{\text{ГВС(13-эт., 1-этаж офисы)}}^{\text{год}} = 0,289 \cdot \left[ 5568 + 0,8 \cdot \frac{60 - 15}{60 - 5} \cdot (8400 - 5568) \right] = 2147,77 \text{ МВт};$$

$$Q_{\text{ГВС(школа)}}^{\text{ГОД}} = 0,051 \cdot \left[ 5568 + 0,8 \cdot \frac{60-15}{60-5} \cdot (8400 - 5568) \right] = 379,8 \text{ МВт.}$$

Производим расчеты годовых расходов теплоты для каждого здания в квартале №7Б и сведем в таблицу 8.

Таблица 8 – Годовые расходы теплоты квартала №7Б

№п/п	Адрес	Потребители тепла	Годовые расходы, МВт			$Q_{\Sigma}^{\text{ГОД}}$
			$Q_{\text{О}}^{\text{ГОД}}$	$Q_{\text{В}}^{\text{ГОД}}$	$Q_{\text{ГВС}}^{\text{ГОД}}$	
1	2	3	4	5	6	7
1	пр. Притомский, 9 (блок секция I)	Жилой дом (первый этаж офисы)	1377,08		2147,77	3524,85
	пр. Притомский, 9 (блок секция II)	Жилой дом (первый этаж офисы)	1377,08		2147,77	3524,85
	пр. Притомский, 9 (блок секция III)	Жилой дом (первый этаж офисы)	1377,08		2147,77	3524,85
2	пр. Притомский, 9а	Жилой дом	1178,39		1640,74	2819,13
3	пр. Притомский, 9б	Жилой дом	1178,39		1640,74	2819,13
4	пр. Притомский, 11 (блок секция I)	Жилой дом (первый этаж офисы)	1377,08		2147,77	3524,85
	пр. Притомский, 11 (блок секция II)	Жилой дом (первый этаж офисы)	1377,08		2147,77	3524,85
	пр. Притомский, 11 (блок секция III)	Жилой дом (первый этаж офисы)	1377,08		2147,77	3524,85
5	пр. Притомский, 11а	Жилой дом	1178,39		1640,74	2819,13
6	пр. Притомский, 11б	Жилой дом	1178,39		1640,74	2819,13
7	ул. 4-ая Заречная, 3	Жилой дом	957,44		1384,37	2341,81
8	ул. 4-ая Заречная, 3а	Жилой дом	822,25		1230,55	2052,81
9	ул. 4-ая Заречная, 5	Жилой дом	633,36		1076,73	1710,09
10	ул. 4-ая Заречная, 5а	Жилой дом	822,25		1230,55	2052,81
11	ул. 4-ая Заречная, 5б	Жилой дом	1178,39		1640,74	2819,13
12	ул. 4-ая Заречная, 7 (школа)	школа (1000 учеников)	1275,48	158,95	379,80	1814,23
13	ул. 4-ая Заречная, 9	Жилой дом	1175,66		1640,74	2816,40

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7
14	ул. 4-ая Заречная, 9а	Жилой дом	822,25		1230,55	2052,81
15	ул. 4-ая Заречная, 9б	Жилой дом	822,25		1230,55	2052,81
16	ул. 4-ая Заречная, 11	Жилой дом	685,65		1025,46	1711,11
17	ул. 4-ая Заречная, 11а	Жилой дом	836,66		1230,55	2067,21
Итого:			23007,69	572,21	32750,15	55916,80

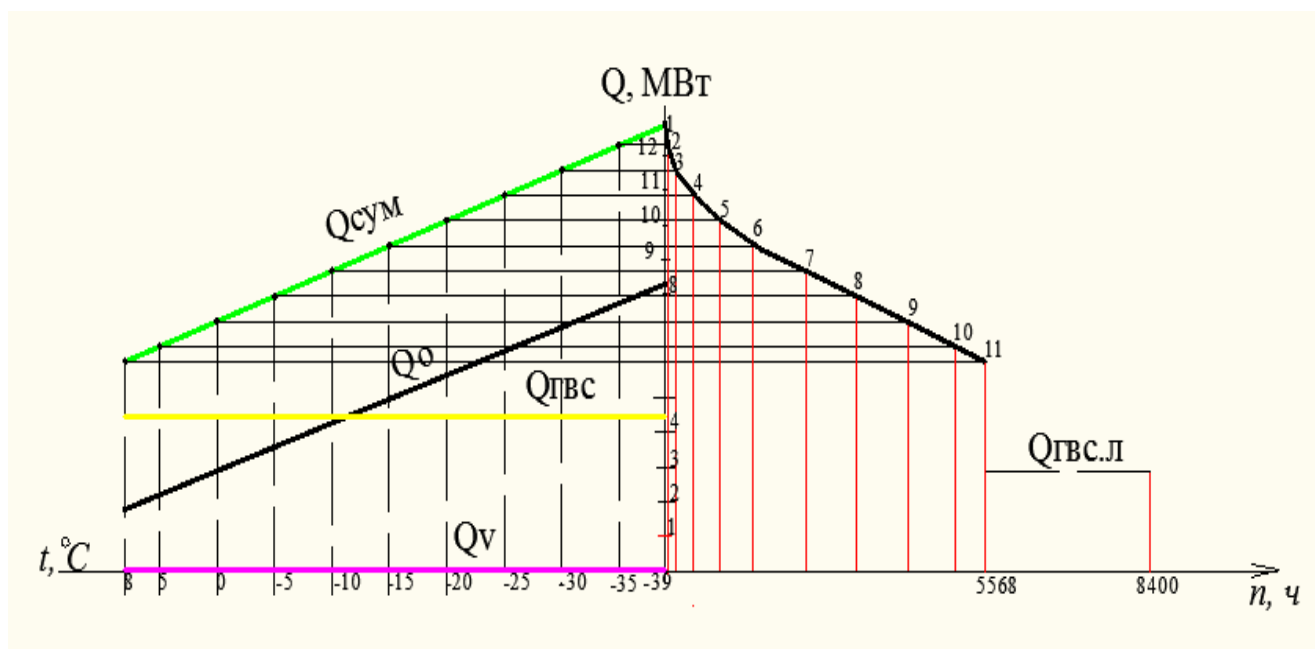


Рисунок 2 График часового и годового расходов теплоты

#### 4 Выбор системы теплоснабжения

Выбор системы теплоснабжения определяется техническими и экономическими показателями по всем элементам: источник теплоты, магистральные и распределительные тепловые сети, абонентские установки.

В большинстве случаев при выборе схемы теплоснабжения отдают предпочтение двухтрубным водяным системам, состоящих из двух трубопроводов: подающего и обратного. Объясняется это тем, что такие системы, если сравнить их с многотрубными, при строительстве требуют меньших капитальных вложений и дешевле в эксплуатации. Двухтрубные системы применяют, когда всем потребителям района требуется теплота одного потенциала. Такие условия обычно имеют место в городах, где вся тепловая нагрузка (отопление, вентиляция и ГВС) может быть удовлетворена в основном теплотой низкого потенциала.

Водяные системы теплоснабжения применяются двух типов: закрытые и открытые.

Федеральный закон от 27 июля 2010 года № 190-ФЗ «О теплоснабжении», статья 29 часть 8 «с 1 января 2013 года подключение (технологическое присоединение) объектов капитального строительства потребителей к централизованным открытым системам теплоснабжения (горячего водоснабжения) для нужд горячего водоснабжения, осуществляемого путем отбора теплоносителя на нужды горячего водоснабжения, не допускается» [4].

Принимаем что, на основании закона, система теплоснабжения микрорайона №7Б города Кемерово – закрытая.

Если в зданиях имеются отдельные тепловые пункты, то каждый из них должен быть рассчитан на параметры теплоисточника, а оборудование и приборы защиты, контроля, регулирования и учета, должны быть рассчитаны и выбраны так, чтобы режим использования теплоты теплопотребляющей установки совпадал с режимом теплоисточника и тепловой сети

Если тепловая сеть состоит из отдельных тепловых пунктов в зданиях, то каждый из них должен быть рассчитан на параметры теплоисточника, и иметь оборудование и приборы регулирования, защиты, контроля и учета, позволяющие удовлетворительно сочетать режим использования теплоты с режимом теплоисточника и тепловой сети.

Источником теплоснабжения в городе Кемерове является Кемеровская ГРЭС с температурой сетевой воды  $\tau_{1,0}^p / \tau_{2,0}^p = 150 - 70 \text{ } ^\circ\text{C}$  и максимальной нагрузкой на квартал 19,03 МВт, то целесообразно будет установка местных тепловых пунктов непосредственно в жилых и общественных зданиях.

Различают две схемы присоединения теплопотребляющих установок абонентов к тепловой сети – независимая и зависимая. В независимых схемах присоединения вода проходит через теплообменник, в котором нагревает вторичный теплоноситель, используемый в абонентской установке, а в зависимых схемах присоединения теплопотребляющих установок вода из тепловой сети поступает в приборы абонентской установки, а

Подключение подогревателей к тепловым сетям на тепловых пунктах абонентов необходимо осуществлять в зависимости от соотношения максимального расхода теплоты на горячее водоснабжение  $Q_{ГВС}^{\max}$  и расчетного расхода теплоты на отопление  $Q_{OV}^p$ :

– при  $0,1 \leq \frac{Q_{ГВС}^{\max}}{Q_{OV}^p} \leq 0,6$  применяем двухступенчатую последовательную схему;

– при  $0,6 < \frac{Q_{ГВС}^{\max}}{Q_{OV}^p} < 1,2$  применяем двухступенчатую смешанную схему;

– при  $\frac{Q_{ГВС}^{\max}}{Q_{OV}^p} \geq 1,2$  применяем параллельную схему.

Для выбора подключения подогревателей горячего водоснабжения, выполним расчет и сведем в таблицу 9.

Таблица 9 – Схема подключения подогревателей горячего водоснабжения

№ п/п	Наименование	$Q_{ГВС}^{max}$	$Q_{OV}^P$	$\frac{Q_{ГВС}^{max}}{Q_{OV}^P}$
1	2	3	4	5
1	пр. Притомский, 9 (блок секция I)	0,695	0,501	1,39
	пр. Притомский, 9 (блок секция II)	0,695	0,501	1,39
	пр. Притомский, 9 (блок секция III)	0,695	0,501	1,39
2	пр. Притомский, 9а	0,531	0,429	1,24
3	пр. Притомский, 9б	0,531	0,429	1,24
4	пр. Притомский, 11 (блок секция I)	0,695	0,501	1,39
	пр. Притомский, 11 (блок секция II)	0,695	0,501	1,39
	пр. Притомский, 11 (блок секция III)	0,695	0,501	1,39
5	пр. Притомский, 11а	0,531	0,429	1,24
6	пр. Притомский, 11б	0,531	0,429	1,24
7	ул. 4-ая Заречная, 3	0,448	0,349	1,28
8	ул. 4-ая Заречная, 3а	0,398	0,299	1,33
9	ул. 4-ая Заречная, 5	0,348	0,231	1,51
10	ул. 4-ая Заречная, 5а	0,398	0,299	1,33
11	ул. 4-ая Заречная, 5б	0,531	0,429	1,24
12	ул. 4-ая Заречная, 7 (школа)	0,123	0,464	0,26
13	ул. 4-ая Заречная, 9	0,531	0,428	1,24
14	ул. 4-ая Заречная, 9а	0,398	0,299	1,33
15	ул. 4-ая Заречная, 9б	0,398	0,299	1,33
16	ул. 4-ая Заречная, 11	0,332	0,250	1,33
17	ул. 4-ая Заречная, 11а	0,398	0,305	1,31

Из таблицы с расчетами видно, что у жилого фонда квартала №7Б, схема подключения подогревателей для горячего водоснабжения – параллельная, а у школы – двухступенчатая последовательная.

Согласно СНиП «Тепловые сети» присоединение по независимой схеме, с установкой в тепловых пунктах теплообменников, допускаются

здания 12 этажей и выше, других потребителей, если независимое присоединение обусловлено гидравлическим режимом работы системы [5].

Подключения остальных зданий к отопительным установкам в квартале будут определены после гидравлического расчета трубопроводов.



## 5 Выбор регулирования отпуска тепла в тепловые сети. Построение графика температур

Систему теплоснабжения можно представить, как взаимосвязанный комплекс потребителей тепла, которые отличающихся не только характером, но и величиной теплопотребления. Многочисленные абоненты имеют различные режимы потребления тепла и тепловую нагрузку тепловых энергоустановок, которая изменяется в зависимости от температуры наружного воздуха, оставаясь стабильной в течение суток. Расход тепла на горячее водоснабжение и для

некоторых технологических процессов не зависит от температуры наружного воздуха, но изменяется как по часам суток, так и по дням недели.

В этих условиях необходимо выполнять регулирование параметров и расхода теплоносителя в соответствии с фактической потребностью абонентов, что позволит повысить качество теплоснабжения, а также снизить перерасход тепловой энергии и топлива [6].

В городе Кемерово предусмотрено центральное регулирование по отопительной нагрузке, метод регулирования – качественный, с сохранением существующего температурного графика  $\tau_{1,0}^p / \tau_{2,0}^p = 150 - 70 \text{ } ^\circ\text{C}$ , график температур носит название отопительно-бытовой, т.к. основная часть городского жилого фонда имеет открытую систему и зависимое присоединение теплоснабжения. Задачей регулирования является поддержание расчетной температуры внутреннего воздуха  $t_{\text{вн}}^p$  в отапливаемых помещениях.

Строим отопительно-бытовой график.

Определяем температуры сетевой воды [7]:

температура сетевой воды перед отопительной установкой:

$$\tau_1 = t_{\text{вн}}^p + \Delta t'_0 \cdot (\bar{Q}_o)^{0,8} + \left( \delta t'_0 - \frac{\theta'}{2} \right) \cdot \bar{Q}_o, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (18)$$

температура сетевой воды на выходе из отопительной установки:

$$\tau_2 = t_{\text{ВН}}^{\text{P}} + \Delta t'_0 \cdot (\bar{Q}_o)^{0,8} - \frac{\theta'}{2} \cdot \bar{Q}_o, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (19)$$

температура сетевой воды после смешивающего устройства:

$$\tau_3 = t_{\text{ВН}}^{\text{P}} + \Delta t'_0 \cdot (\bar{Q}_o)^{0,8} + \frac{\theta'}{2} \cdot \bar{Q}_o, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (20)$$

где  $t_{\text{ВН}}^{\text{P}}$  – расчетная температура воздуха внутри помещения,  $^\circ\text{C}$ ;  $\Delta t'_0$  – температурный напор в нагревательных системах,  $^\circ\text{C}$ ;  $\bar{Q}_o$  – относительная отопительная нагрузка;  $\delta t'_0$  – перепад температур сетевой воды,  $^\circ\text{C}$ ;  $\theta'$  – перепад температур в отопительных приборах,  $^\circ\text{C}$ .

Находим температурный напор в нагревательных системах по формуле:

$$\Delta t'_0 = \frac{\tau_3^{\text{P}} + \tau_{20}^{\text{P}}}{2} - t_{\text{ВН}}^{\text{P}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (21)$$

где  $t_{\text{ВН}}^{\text{P}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$  – расчетная температура воздуха внутри помещения;  
 $\tau_3^{\text{P}} = 95 \text{ } ^\circ\text{C}$  – расчетная температура сетевой воды перед системой отопления;  
 $\tau_{20}^{\text{P}} = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$  – расчетная температура сетевой воды в обратном трубопроводе.

Находим относительную отопительную нагрузку по формуле:

$$\bar{Q}_o = \frac{(t_{\text{ВН}}^{\text{P}} - t_{\text{Н}})}{(t_{\text{ВН}}^{\text{P}} - t_{\text{НО}})}, \quad (22)$$

где  $t_{\text{НО}}$  – расчетная наружная температура воздуха для отопления,  
 $t_{\text{НО}} = -39 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{Н}}$  – текущая температура наружного воздуха,  $^\circ\text{C}$ .

Находим перепад температур сетевой воды по формуле:

$$\delta t'_0 = \tau_{10}^{\text{P}} - \tau_{20}^{\text{P}}, \quad (23)$$

где  $\tau_{10}^{\text{P}} = 150 \text{ } ^\circ\text{C}$  – расчетная температура сетевой воды в подающем трубопроводе.

Находим перепад температур в отопительных приборах по формуле:

$$\theta' = \tau_3^{\text{P}} - \tau_{20}^{\text{P}}, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (24)$$

Расчет приведем для температуры наружного воздуха  $t_{\text{НО}} = -39 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Находим температурный напор в нагревательных системах по формуле (21):

$$\Delta t'_0 = \frac{95 + 70}{2} - 20 = 62,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Находим относительную отопительную нагрузку по формуле (22):

$$\bar{Q}_o = \frac{(20 - (-39))}{(20 - (-39))} = 1$$

Находим перепад температур сетевой воды по формуле (23):

$$\delta t'_0 = 150 - 70 = 80 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Находим перепад температур в отопительных приборах по формуле (24):

$$\theta' = 95 - 70 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Находим температуру сетевой воды перед отопительной установкой по формуле (18):

$$\tau_1 = 20 + 62,5 \cdot (1)^{0,8} + \left(80 - \frac{25}{2}\right) \cdot 1 = 150 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Находим температура сетевой воды после отопительной установки по формуле (19):

$$\tau_2 = 20 + 62,5 \cdot (1)^{0,8} - \frac{25}{2} \cdot 1 = 70 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Находим температура сетевой воды после смесительного устройства по формуле (20):

$$\tau_3 = 20 + 62,5 \cdot (1)^{0,8} + \frac{25}{2} \cdot 1 = 95 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Аналогично проводим расчет для каждой температуры и сводим в таблицу 10.

Таблица 10 – Расчетные данные для построения отопительно-бытового графика

Принятые значения температур наружного воздуха, $t_{\text{нв}}, ^\circ\text{C}$	Температура воздуха внутри помещения, $t_{\text{вн}}, ^\circ\text{C}$	Температура воды перед отопительной системой, $t_3, ^\circ\text{C}$	Расчетный перепад температур сетевой воды, $\delta t', ^\circ\text{C}$	Расчетный перепад температур сетевой воды для систем отопления, $\theta, ^\circ\text{C}$	Расчетная разность температур для отопительных приборов, $\Delta t_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$	Относительный расход теплоты для отопления, $Q^p_0$	Температура сетевой воды в подающей линии, $t_1, ^\circ\text{C}$	Температура сетевой воды в обратной линии, $t_2, ^\circ\text{C}$	Температура сетевой воды перед отопительной системой, $t_3, ^\circ\text{C}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	20	95	80	25	62,5	0,203	51,2	34,9	40,0
7	20	95	80	25	62,5	0,220	53,5	35,9	41,4
6	20	95	80	25	62,5	0,237	55,8	36,8	42,7
5	20	95	80	25	62,5	0,254	58,1	37,7	44,1
4	20	95	80	25	62,5	0,271	60,3	38,6	45,4
3	20	95	80	25	62,5	0,288	62,5	39,5	46,7
2	20	95	80	25	62,5	0,305	64,8	40,4	48,0
1	20	95	80	25	62,5	0,322	67,0	41,2	49,3
0	20	95	80	25	62,5	0,339	69,2	42,1	50,5
-0,35	20	95	80	25	62,5	0,345	70,0	42,4	51,0
-1	20	95	80	25	62,5	0,356	71,4	42,9	51,8
-2	20	95	80	25	62,5	0,373	73,6	43,7	53,0
-3	20	95	80	25	62,5	0,390	75,7	44,5	54,3
-4	20	95	80	25	62,5	0,407	77,9	45,3	55,5
-5	20	95	80	25	62,5	0,424	80,0	46,1	56,7
-6	20	95	80	25	62,5	0,441	82,2	46,9	58,0
-7	20	95	80	25	62,5	0,458	84,3	47,7	59,2
-8	20	95	80	25	62,5	0,475	86,5	48,5	60,4
-9	20	95	80	25	62,5	0,492	88,6	49,3	61,6
-10	20	95	80	25	62,5	0,508	90,7	50,0	62,7
-11	20	95	80	25	62,5	0,525	92,8	50,8	63,9
-12	20	95	80	25	62,5	0,542	94,9	51,5	65,1
-13	20	95	80	25	62,5	0,559	97,0	52,3	66,3
-14	20	95	80	25	62,5	0,576	99,1	53,0	67,4
-15	20	95	80	25	62,5	0,593	101,2	53,7	68,6
-16	20	95	80	25	62,5	0,610	103,3	54,5	69,7
-17	20	95	80	25	62,5	0,627	105,4	55,2	70,9
-18	20	95	80	25	62,5	0,644	107,4	55,9	72,0

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-19	20	95	80	25	62,5	0,661	109,5	56,6	73,1
-20	20	95	80	25	62,5	0,678	111,6	57,3	74,3
-21	20	95	80	25	62,5	0,695	113,6	58,0	75,4
-22	20	95	80	25	62,5	0,712	115,7	58,7	76,5
-23	20	95	80	25	62,5	0,729	117,7	59,4	77,6
-24	20	95	80	25	62,5	0,746	119,8	60,1	78,7
-25	20	95	80	25	62,5	0,763	121,8	60,8	79,9
-26	20	95	80	25	62,5	0,780	123,8	61,5	81,0
-27	20	95	80	25	62,5	0,797	125,9	62,1	82,1
-28	20	95	80	25	62,5	0,814	127,9	62,8	83,2
-29	20	95	80	25	62,5	0,831	129,9	63,5	84,3
-30	20	95	80	25	62,5	0,847	132,0	64,2	85,3
-31	20	95	80	25	62,5	0,864	134,0	64,8	86,4
-32	20	95	80	25	62,5	0,881	136,0	65,5	87,5
-33	20	95	80	25	62,5	0,898	138,0	66,1	88,6
-34	20	95	80	25	62,5	0,915	140,0	66,8	89,7
-35	20	95	80	25	62,5	0,932	142,0	67,4	90,7
-36	20	95	80	25	62,5	0,949	144,0	68,1	91,8
-37	20	95	80	25	62,5	0,966	146,0	68,7	92,9
-38	20	95	80	25	62,5	0,983	148,0	69,4	93,9
-39	20	95	80	25	62,5	1,000	150,0	70,0	95,0

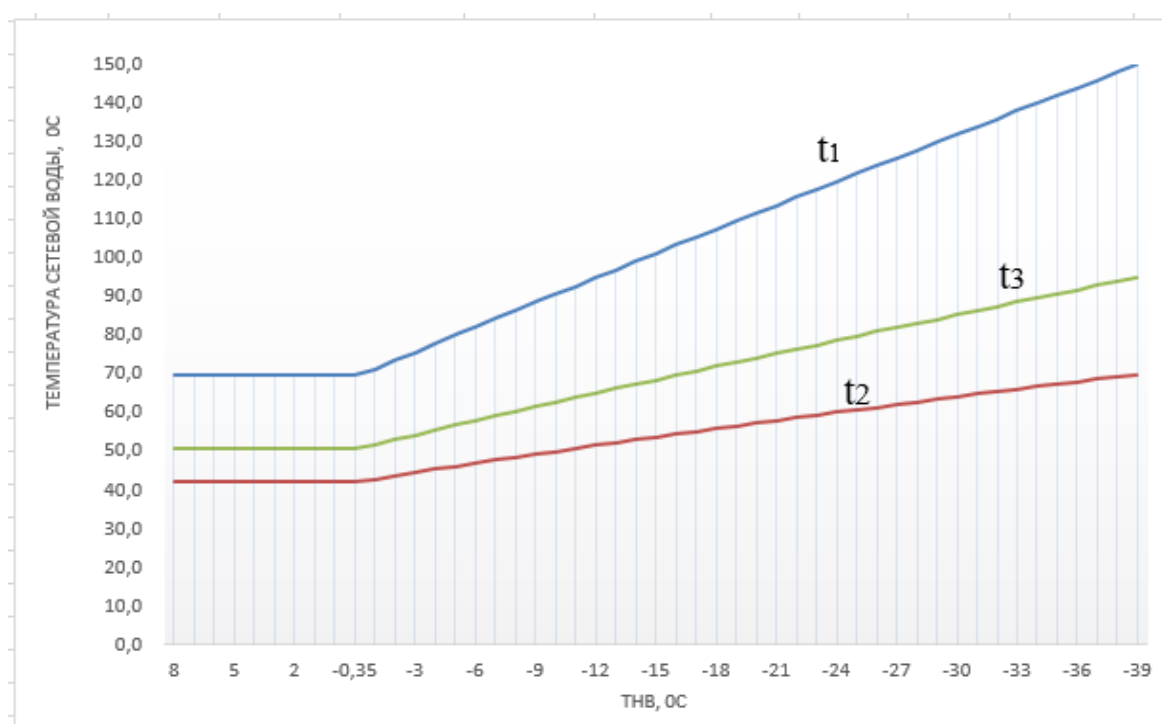


Рисунок 3 – Отопительно-бытовой график

## 6 Гидравлический расчет магистральных и распределительных тепловых сетей

### 6.1 Определение расчетных расходов сетевой воды в тепловой сети

При качественном регулировании отпуска теплоты расчетные расходы сетевой воды для закрытых систем теплоснабжения, определяются следующими формулами [3]:

6.1.1 Расчетный расход воды на отопление определяем по формуле:

$$G_o^p = \frac{3,6 \cdot Q_o^p}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)}, \text{ тн/ч}, \quad (25)$$

где  $\tau_1, \tau_2$  — соответственно температура воды в подающем и обратном трубопроводе тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха на отопление  $t_o^p$ ;  $c$  — удельная изобарная теплоемкость воды, равная  $4,187 \text{ кДж} / (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $Q_o^p$  — расчетная нагрузка на отопление, МВт.

6.1.2 Расчетный расход воды на вентиляцию определяем по формуле:

$$G_v^p = \frac{3,6 \cdot Q_v^p}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)}, \text{ тн/ч}, \quad (26)$$

где  $Q_v^p$  — расчетная нагрузка на вентиляцию, МВт.

6.1.3 Расходы воды на горячее водоснабжение определяем исходя из подключений подогревателей.

Максимальный расход на горячее водоснабжение при параллельном подключение подогревателей определяем по формуле:

$$G_{ГВС}^{\max} = \frac{3,6 \cdot Q_{ГВС}^{\max}}{c \cdot (\tau'_1 - \tau'_3)}, \text{ тн/ч}, \quad (27)$$

где  $\tau'_1$  — температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети в точке излома графика температур воды,  $\tau'_1 = 70^\circ\text{C}$ ;  $\tau'_3$  — температура воды после параллельно включенного подогревателя горячего водоснабжения в точке излома графика температур, принимаем  $\tau'_3 = 30^\circ\text{C}$  [10].

Среднечасовой расход на горячее водоснабжение при параллельном подключение подогревателей определяем по формуле:

$$G_{\text{ГВС}}^{\text{CP}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{ГВС}}^{\text{CP}}}{c \cdot (\tau'_1 - \tau'_3)}, \text{ тн/ч.} \quad (28)$$

Максимальный расход на горячее водоснабжение при двухступенчатом подключении подогревателей определяем по формуле:

$$G_{\text{ГВС}}^{\text{max}} = \frac{3,6 \cdot 0,55 \cdot Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}}}{c \cdot (\tau'_1 - \tau'_2)}, \text{ тн/ч,} \quad (29)$$

где  $\tau'_2$  – температура воды в обратном трубопроводе тепловой сети в точке излома графика температур,  $\tau'_2 = 42,4 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Среднечасовой расход на горячее водоснабжение при двухступенчатом подключении подогревателей определяем по формуле:

$$G_{\text{ГВС}}^{\text{CP}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{ГВС}}^{\text{CP}}}{c \cdot (\tau'_1 - \tau'_2)} \cdot \left( \frac{t_{\text{Г}} - t'}{t_{\text{Г}} - t_{\text{C}}} + 0,2 \right), \text{ т/ч,} \quad (30)$$

где  $t_{\text{Г}}$  – температура горячей воды для закрытых систем  $t_{\text{Г}} = 60 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $t'$  – температура нагреваемой водопроводной воды после нижней (первой) ступени подогревателя,  $t' = \tau' - \Delta t_{\text{H}} = 42,4 - 10 = 32,4 \text{ } ^\circ\text{C}$ , где  $\Delta t_{\text{H}}$  – величина недогрева водопроводной воды после нижней (первой) ступени подогревателя  $\Delta t_{\text{H}} = 5 \div 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ , [3];  $t_{\text{C}}$  – температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период,  $t_{\text{C}} = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Для потребителей при  $\frac{Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}}}{Q_{\text{O}}^{\text{max}}} > 1$  при отсутствии баков-аккумуляторов, а также с тепловым потоком 10 МВт и менее, суммарный расчетный расход сетевой воды определяем по формуле, [3]:

$$G_{\Sigma} = G_{\text{O}}^{\text{P}} + G_{\text{B}}^{\text{P}} + G_{\text{ГВС}}^{\text{max}}, \text{ тн/ч.} \quad (31)$$

Расчетный расход сетевой воды в неотопительный период определяем по формуле:

$$G_{\text{НЕОТ.П}} = \beta \cdot G_{\text{ГВС}}^{\text{max}}, \text{ тн/ч,} \quad (32)$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий изменение расхода сетевой воды на горячее водоснабжение в неотопительный период по отношению к

отопительному, принимаем для жилищно-коммунального сектора равный 0,8.

Проведем расчет расходов сетевой воды для одного жилого дома пр. Притомский, 9 (блок секция I) и школы ул. 4-ая Заречная, 7, полученный расчеты сведем в таблицу 11.

Расчетный расход воды на отопление находим по формуле (25):

$$G_{O(14-эт., 1-этаж офисы)}^P = \frac{3,6 \cdot 0,501}{4,187 \cdot 10^{-3} \cdot (150 - 70)} = 5,39 \text{ тн/ч};$$

$$G_{O(школа)}^P = \frac{3,6 \cdot 0,464}{4,187 \cdot 10^{-3} \cdot (150 - 70)} = 4,99 \text{ тн/ч.}$$

Расчетный расход воды на вентиляцию находим по формуле (26):

$$G_{B(14-эт., 1-этаж офисы)}^P = \frac{3,6 \cdot 0,065}{4,187 \cdot 10^{-3} \cdot (150 - 70)} = 0,7 \text{ тн/ч.}$$

Рассчитываем расходы сетевой воды на горячее водоснабжение.

Максимальный расход сетевой воды при параллельном подключение подогревателей находим по формуле (27):

$$G_{ГВС(14-эт., 1-этаж офисы)}^{\max} = \frac{3,6 \cdot 0,695}{4,187 \cdot 10^{-3} \cdot (70 - 30)} = 14,93 \text{ тн/ч.}$$

Среднечасовой расход сетевой воды при параллельном подключение подогревателей находим по формуле (28):

$$G_{ГВС(14-эт., 1-этаж офисы)}^{CP} = \frac{3,6 \cdot 0,289}{4,187 \cdot 10^{-3} \cdot (70 - 30)} = 6,22 \text{ тн/ч.}$$

Максимальный расход сетевой воды при двухступенчатом подключение подогревателей находим по формуле (29):

$$G_{ГВС(школа)}^{\max} = \frac{3,6 \cdot 0,55 \cdot 0,123}{4,187 \cdot 10^{-3} \cdot (70 - 42,2)} = 2,11 \text{ тн/ч.}$$

Максимальный расход сетевой воды при двухступенчатом подключение подогревателей находим по формуле (30):

$$G_{ГВС(школа)}^{CP} = \frac{3,6 \cdot 0,051}{4,187 \cdot 10^{-3} \cdot (70 - 30)} \cdot \left( \frac{60 - 32,4}{60 - 5} + 0,2 \right) = 1,12 \text{ тн/ч.}$$



Суммарный расчетный расход сетевой воды определяем по формуле (30):

$$G_{(14\text{-эт., 1-этаж офисы})} = 5,39 + 14,93 = 20,32 \text{ тн/ч};$$

$$G_{(школа)} = 4,99 + 0,7 + 2,11 = 7,79 \text{ тн/ч}.$$

Расчетный расход сетевой воды в неотапительный период находим по формуле (32):

$$G_{\text{НЕОТ.П}(14\text{-эт., 1-этаж офисы})} = 0,8 \cdot 14,93 = 11,94 \text{ тн/ч},$$

$$G_{\text{НЕОТ.П}(школа)} = 0,8 \cdot 7,79 = 1,69 \text{ тн/ч}.$$

Таблица 11 – Расходы сетевой воды

№ п/п	Наименование	$G_O^P$ , тн/ч	$G_B^P$ , тн/ч	$G_{ГВС}^{\max}$ , тн/ч	$G_{\Sigma}$ , тн/ч	$G_{\text{НЕОТ.П}}$ , тн/ч
1	пр. Притомский, 9 (блок секция I)	5,39		14,93	20,32	11,94
	пр. Притомский, 9 (блок секция II)	5,39		14,93	20,32	11,94
	пр. Притомский, 9 (блок секция III)	5,39		14,93	20,32	11,94
2	пр. Притомский, 9а	4,61		11,40	16,02	9,12
3	пр. Притомский, 9б	4,61		11,40	16,02	9,12
4	пр. Притомский, 11 (блок секция I)	5,39		14,93	20,32	11,94
	пр. Притомский, 11 (блок секция II)	5,39		14,93	20,32	11,94
	пр. Притомский, 11 (блок секция III)	5,39		14,93	20,32	11,94
5	пр. Притомский, 11а	4,61		11,40	16,02	9,12
6	пр. Притомский, 11б	4,61		11,40	16,02	9,12
7	ул. 4-ая Заречная, 3	3,75		9,62	13,37	7,70
8	ул. 4-ая Заречная, 3а	3,22		8,55	11,77	6,84
9	ул. 4-ая Заречная, 5	2,48		7,48	9,96	5,99
10	ул. 4-ая Заречная, 5а	3,22		8,55	11,77	6,84
11	ул. 4-ая Заречная, 5б	4,61		11,40	16,02	9,12
12	ул. 4-ая Заречная, 7 (школа)	4,99	0,7	2,11	7,79	1,69
13	ул. 4-ая Заречная, 9	4,60		11,40	16,01	9,12
14	ул. 4-ая Заречная, 9а	3,22		8,55	11,77	6,84

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5	6	7
15	ул. 4-ая Заречная, 9б	3,22		8,55	11,77	6,84
16	ул. 4-ая Заречная, 11	2,68		7,13	9,81	5,70
17	ул. 4-ая Заречная, 11а	3,27		8,55	11,83	6,84
	Итого:	90,04	0,7	225,01	317,85	181,69

## 6.2 Методика гидравлического расчет тепловых сетей

Гидравлический расчёт – один из важнейших разделов проектирования и эксплуатации тепловой сети.

В гидравлический расчет входят следующие задачи:

- 1) определение диаметров трубопроводов;
- 2) определение падения давления (напора);
- 3) определение давлений (напоров) в различных точках сети.

Гидравлический расчет тепловой сети выполняем по рассчитанным ранее значениям расходов теплоносителя на участках, а также нормированным величинам удельного линейного падения давления  $R_L$ , которые принимаем для главной магистрали 80 Па/м. Для ответвленных участков – по располагаемому давлению, но не более 300 Па/м.

Расчет выполняется в два этапа: предварительный и окончательный.

### 6.2.1 Предварительный расчет

Для проведения гидравлического расчета вычерчиваем схему тепловой сети без масштаба, с указанием размещения источника теплоты и потребителей.

На схеме также указываем номера расчетных участков, их длины, расчетные расходы теплоносителя. Расчет производится, начиная от участков без предшественников, т.е. конечных. Далее выполняется расчет для тех участков, которые являются предшествующими для конечных участков.

Выбирается наиболее протяженная магистраль как главная. Расчет проводим последовательно, начинаем с последнего участка (это 1-й участок) главной магистрали, затем переходим к расчету ответвлений.

На основании расхода теплоносителя и предварительно, приняв скорость теплоносителя  $\omega = 1,0$  м/с, рассчитываем диаметр трубопроводов по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot G_v}{3,14 \cdot \omega}}, \text{ м}, \quad (33)$$

где  $G_v$  – объемный расход сетевой воды в трубопроводе, кг/с;  $\omega$  – скорость теплоносителя, м/с.

Объемный расход сетевой воды в трубопроводе определяем по формуле:

$$G_v = \frac{G}{3,6 \cdot \rho}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (34)$$

где  $G$  – суммарный расход сетевой воды рассчитанный по формуле (30), т/ч;  $\rho$  – плотность сетевой воды, при  $\tau_1 = 150$  °С плотность воды будет составлять  $\rho = 916,95$  кг/м<sup>3</sup>.

Далее на расчетной схеме расставляется запорная арматура, тепловые камеры, смотровые камеры, неподвижные опоры, компенсаторы. На участках между тепловыми камерами, т.е. камерами в узлах ответвлений, размещают неподвижные опоры, расстояние между которыми зависит от диаметра трубопровода, типа компенсатора и способа прокладки тепловых сетей.

## 6.2.2 Окончательный расчет

По предварительно рассчитанному значению диаметра трубопровода на участке уточняется стандартное значение диаметра определяем ближайший стандартный диаметр трубы для данного участка. При уже выбранном значении диаметра  $d$ , мм и известном расчетном расходе  $G_v$ , м<sup>3</sup>/с определяем действительные удельные линейные падения давления на участках,  $R_{\text{л}}$ , а также скорость теплоносителя  $\omega$ , м/с.

Скорость теплоносителя определяем по формуле:

$$\omega = \frac{4 \cdot G_V}{\pi \cdot d^2}, \text{ м/с}, \quad (35)$$

Удельное линейное падение давления в трубопроводе определяем по формуле:

$$R_{\text{л}} = \frac{\lambda \cdot \omega^2 \cdot \rho}{2 \cdot d}, \text{ Па/м}, \quad (36)$$

где  $\lambda$  – коэффициент гидравлического трения (безразмерная величина), находим в зависимости от режима движения жидкости.

Определяем число Re:

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d}{\nu}, \quad (37)$$

где  $\nu$  – кинематическая вязкость при  $\tau_1 = 150^\circ\text{C}$  составляет  $\nu = 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ .

Сравниваем полученный Re с предельным  $\text{Re}_{\text{пр}}$  рассчитанный по формуле:

$$\text{Re}_{\text{пр}} = 568 \cdot \frac{d}{k_{\text{э}}}, \quad (38)$$

где  $k_{\text{э}}$  – эквивалентная шероховатость внутренней поверхности стальных труб, для водяных тепловых сетей следует принимать  $k_{\text{э}} = 0,005 \text{ м}$ , [4].

Определение области, в которой работает трубопровод, следует проводить только при расчете участков с малой нагрузкой (абонентские ответвления с малым расходом теплоносителя). При расчете магистральных линий и основных ответвлений проверку расчетной области можно не выполнять, считая, что сети работают в квадратичной области. [5]

Определяем потери давления на расчетном участке тепловой сети по формуле [3]:

$$\Delta P = R_{\text{л}} \cdot l', \text{ Па}, \quad (39)$$

где  $l'$  – приведенная длина расчетного участка тепловой сети, м.

Приведенную длину расчетного участка тепловой сети определяем, как сумму:

$$l' = l + \sum l_{\text{э}}, \text{ м}, \quad (40)$$

где  $l_{\text{э}}$  – эквивалентная длина местных сопротивлений, определяем по [6] при  $k_{\text{э}} = 0,005 \text{ м}$ ;  $l$  – длина расчетного участка тепловой сети, м.

Определяем потери напора на участке тепловой сети по формуле:

$$\Delta H = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g}, \text{ м}, \quad (41)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Гидравлический расчет закрытых систем теплоснабжения выполняется для подающего трубопровода, из-за одинакового расхода сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах, принимая диаметры и падения давления в нем такие же как и в подающем трубопроводе, [3].

Проведем пример расчета для магистральной тепловой сети участка №3 для отопительного сезона:

Объемный расход сетевой воды в трубопроводе определяем по формуле (34):

$$G_v = \frac{21,6}{3,6 \cdot 916,95} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Предварительно, приняв скорость теплоносителя  $\omega = 1,0 \text{ м/с}$ , рассчитываем диаметр трубопроводов по формуле (33):

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 7 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 1}} = 0,091 \text{ м},$$

принимаем диаметр трубопровода для данного участка  $d = 0,1 \text{ м}$ .

Определяем скорость теплоносителя по формуле (35):

$$\omega = \frac{4 \cdot 7 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,1^2} = 0,84 \text{ м/с}.$$

Определяем число Re по формуле (37):

$$\text{Re} = \frac{0,84 \cdot 0,1}{0,2 \cdot 10^{-6}} = 420000.$$

Рассчитываем предельный  $\text{Re}_{\text{гр}}$  по формуле (38):

$$Re_{\text{пр}} = 568 \cdot \frac{0,1}{0,005} = 11360.$$

Находим коэффициент гидравлического трения при  $Re > Re_{\text{пр}}$ :

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{k_{\text{э}}}{d} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{0,0005}{0,1} \right)^{0,25} = 0,029.$$

Определяем удельное линейное падение давления в трубопроводе по формуле (36):

$$R_{\text{л}} = \frac{0,029 \cdot 0,084^2 \cdot 916,95}{2 \cdot 0,1} = 93,52 \text{ Па/м.}$$

Определим приведенную длину расчетного участка тепловой сети №3 (40):

$$l' = 76 + 16,96 = 92,96 \text{ м,}$$

Распишем для участка №3 эквивалентные длины местных сопротивлений [6] и сведем в таблицу 12.

Таблица 12 – Эквивалентные длины местных сопротивлений при  $k_{\text{э}} = 0,005 \text{ м}$

№ уч-ка	d, мм	Наименование местных сопротивлений	шт	$l_{\text{э}}$	$\sum l_{\text{э}}$
подающий трубопровод					
3	100	тройник при расходящемся потоке	1	6,6	16,96
		Переход сварной	1	0,56	
		П-образный компенсатор	1	9,8	

Определяем потери давления на расчетном участке тепловой сети по формуле (39):

$$\Delta P = 93,52 \cdot 92,56 = 8693,5 \text{ Па.}$$

Определяем потери напора на участке тепловой сети по формуле (41):

$$\Delta H = \frac{8693,5}{916,95 \cdot 9,81} = 0,966 \text{ м.}$$

Проводим аналогичный расчет для каждого участка главной магистрали и ответвлений, полученные расчеты сводим в таблицу 13.

### 6.2.3 Гидравлический расчет тепловой сети для летнего режима

Гидравлический расчет тепловой сети для летнего режима выполняем таким же способом, как и для зимнего режима, при летних расчетных расходах сетевой воды на участках и известных диаметрах трубопроводов, определенных для зимнего режима.

Потери напора для летнего режима на участке теплопровода определяем по формуле, [3]:

$$\Delta H^{\text{ЛЕТ.Р}} = \Delta H \cdot \left( \frac{G_v}{G_v^{\text{ЛЕТ.Р}}} \right)^2, \text{ м}, \quad (42)$$

где  $\Delta H$  – потеря напора на участке в зимний период, м (таблица 13);  $G_v$  – расход сетевой воды на участке для зимнего периода, м<sup>3</sup>/с (таблица 13).

Полученные расчеты сводим в таблицу 14.

Таблица 13 – Полученные значения после проведения гидравлического расчета водяной тепловой сети (зимний режим)

№ участка	$G$ , тн/ч	$G_v$ , м <sup>3</sup> /с	Расчетный $d$ , мм	$d$ , мм	$R_L$ , Па/м	$\omega$ , м/с	$l$ , м	$l_3$ , м	$l' = l + l_3$ , м	$\Delta P = R \cdot l'$ , Па	$\Delta H = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g}$ , м	$\sum \Delta H$ , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Основная магистраль												
35	317,9	$9,6 \cdot 10^{-2}$	0,350	0,3	63,09	1,36	127,5	43,04	170,54	10759,8	1,196	6,99
18	131,9	$4 \cdot 10^{-2}$	0,226	0,25	28,29	0,81	888,6	195,03	1083,63	30650,6	3,407	5,79
11	85,0	$2,6 \cdot 10^{-2}$	0,181	0,2	37,92	0,82	60	47,76	107,76	4086,0	0,454	2,39
9	69,0	$2,1 \cdot 10^{-2}$	0,163	0,2	24,97	0,67	109,3	48,6	157,9	3943,4	0,438	1,91
6	49,4	$1,5 \cdot 10^{-2}$	0,138	0,15	58,03	0,85	50,8	27,44	78,24	4540,6	0,505	1,47
3	21,6	$7 \cdot 10^{-3}$	0,091	0,1	93,52	0,84	76	92,96	92,96	8693,5	0,966	0,97
Ответвление от магистрали												
34	185,98	$5,6 \cdot 10^{-2}$	0,268	0,25	56,25	1,15	16,3	53,73	70,03	3939,4	0,438	5,72
31	149,64	$4,5 \cdot 10^{-2}$	0,240	0,25	77,52	0,92	52	40,2	92,2	3357,9	0,373	5,28
28	113,31	$3,4 \cdot 10^{-2}$	0,209	0,2	67,38	1,09	46	31,8	77,8	5242,0	0,583	4,91
26	92,99	$2,8 \cdot 10^{-2}$	0,189	0,15	205,49	1,59	103,8	21,56	125,36	25760,3	2,864	4,33
24	72,67	$2,2 \cdot 10^{-2}$	0,167	0,15	125,50	1,25	46	26,6	72,6	9111,3	1,013	1,69
21	36,33	$1,1 \cdot 10^{-2}$	0,118	0,125	81,71	0,90	53	21,74	74,74	6107,2	0,679	0,68
Ответвления												
32	20,32	$6 \cdot 10^{-3}$	0,089	0,08	266,06	1,23	14,7	6,38	21,08	5608,5	0,623	1,06
33	16,02	$5 \cdot 10^{-3}$	0,079	0,08	165,32	0,97	9,5	6,38	15,88	2625,3	0,292	0,73
29	20,32	$6 \cdot 10^{-3}$	0,089	0,08	266,06	1,23	21,8	6,38	28,18	7497,5	0,833	1,21
30	16,02	$5 \cdot 10^{-3}$	0,079	0,08	165,32	0,97	15,1	6,38	21,48	3551,1	0,395	0,77



Продолжение таблицы 13

27	20,32	$6 \cdot 10^{-3}$	0,089	0,08	266,06	1,23	22,4	6,38	28,78	7657,1	0,851	1,43
25	20,32	$6 \cdot 10^{-3}$	0,089	0,08	266,06	1,23	21,8	6,38	28,18	7497,5	0,833	3,47
22	20,32	$6 \cdot 10^{-3}$	0,089	0,08	266,06	1,23	21,8	6,38	28,18	7497,5	0,833	1,85
23	16,02	$5 \cdot 10^{-3}$	0,079	0,08	165,32	0,97	8	5,1	13,10	2165,7	0,241	1,25
19	20,32	$6 \cdot 10^{-3}$	0,089	0,08	266,06	1,23	14,2	6,38	20,58	5475,4	0,609	1,29
20	16,02	$5 \cdot 10^{-3}$	0,079	0,08	165,32	0,97	8,2	5,1	13,30	2198,8	0,244	0,92
Ответвления												
10	16,02	$5 \cdot 10^{-3}$	0,079	0,08	165,32	0,97	22,8	3,9	26,71	4415,7	0,491	2,88
8	7,79	$2 \cdot 10^{-3}$	0,055	0,07	78,94	0,61	15,6	6	21,60	1705,0	0,190	2,10
7	11,77	$4 \cdot 10^{-3}$	0,067	0,07	180,02	0,93	26,5	6	32,50	5850,6	0,650	2,56
4	16,01	$5 \cdot 10^{-3}$	0,079	0,08	165,10	0,97	21,3	7,66	28,96	4781,3	0,532	2,00
5	11,77	$4 \cdot 10^{-3}$	0,067	0,07	180,02	0,93	28,9	6	34,90	6282,6	0,698	2,17
1	9,81	$3 \cdot 10^{-3}$	0,062	0,07	125,06	0,77	23,4	5	28,40	3551,6	0,395	1,36
2	11,83	$4 \cdot 10^{-3}$	0,068	0,07	181,75	0,93	18,9	5	23,90	4343,7	0,483	1,45
Ответвления												
17	46,88	$1,4 \cdot 10^{-2}$	0,134	0,125	136,00	1,16	65,1	30,1	13,54	12947,1	1,439	2,42
14	25,14	$8 \cdot 10^{-3}$	0,098	0,1	126,24	0,97	56	13,54	13,54	8778,6	0,976	0,98
15	11,77	$4 \cdot 10^{-3}$	0,067	0,07	180,02	0,93	31,7	6	13,54	6786,7	0,754	2,19
16	9,96	$3 \cdot 10^{-3}$	0,062	0,07	128,95	0,78	8	4	13,54	4126,5	0,459	1,90
13	11,77	$4 \cdot 10^{-3}$	0,067	0,07	180,02	0,93	23	6	13,54	5220,5	0,580	1,56
12	13,37	$4 \cdot 10^{-3}$	0,072	0,07	232,22	1,05	26,3	6	13,54	7500,7	0,834	1,81

Таблица 14 – Полученные значения после проведения гидравлического расчета водяной тепловой сети (летний режим)

№ участка	$G_v, \text{м}^3/\text{с}$	$G_v^{\text{ЛЕТ.Р}}, \text{м}^3/\text{с}$	$d, \text{мм}$	$R_{\text{л}}, \text{Па/м}$	$\omega, \text{м/с}$	$l, \text{м}$	$l_{\text{э}}, \text{м}$	$l' = l + l_{\text{э}}, \text{м}$	$\Delta P = R \cdot l', \text{Па}$	$\Delta H^{\text{ЛЕТ.Р}} = \Delta H \cdot \left( \frac{G_v}{G_v^{\text{ЛЕТ.Р}}} \right)^2, \text{м}$	$\sum \Delta H^{\text{ЛЕТ.Р}}, \text{м}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Основная магистраль											
35	$9,6 \cdot 10^{-2}$	$5,5 \cdot 10^{-2}$	0,3	20,62	0,78	127,5	43,04	170,54	3515,8	0,391	2,20
18	$4 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	0,25	8,79	0,45	888,6	195,03	1083,63	9530,5	1,059	1,81
11	$2,6 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-2}$	0,2	11,18	0,45	60	47,76	107,76	1205,3	0,134	0,75
9	$2,1 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	0,2	7,20	0,36	109,3	48,6	157,9	1137,0	0,126	0,62
6	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$9 \cdot 10^{-3}$	0,15	19,32	0,49	50,8	27,44	78,24	1511,5	0,168	0,49
3	$7 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	0,1	31,43	0,48	76	92,96	92,96	2921,9	0,325	0,32
Ответвление от магистрали											
34	$5,6 \cdot 10^{-2}$	$3,3 \cdot 10^{-2}$	0,25	19,03	0,67	16,3	53,73	70,03	1332,3	0,148	2,29
31	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$2,6 \cdot 10^{-2}$	0,25	39,80	0,84	52	40,2	92,2	3669,9	0,408	2,14
28	$3,4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	0,2	22,88	0,64	46	31,8	77,8	1779,7	0,198	1,74
26	$2,8 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	0,15	69,50	0,93	103,8	21,56	125,36	8712,3	0,969	1,54
24	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	0,15	42,19	0,72	46	26,6	72,6	3063,0	0,341	0,57
21	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$	0,125	27,47	0,52	53	21,74	74,74	2053,1	0,228	0,23
Ответвления											
32	$6 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	0,08	91,93	0,72	14,7	6,38	21,08	1937,8	0,215	0,36
33	$5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	0,08	53,65	0,55	9,5	6,38	15,88	851,9	0,095	0,24
29	$6 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	0,08	91,93	0,72	21,8	6,38	28,18	2590,5	0,288	0,70
30	$5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	0,08	53,65	0,55	15,1	6,38	21,48	1152,3	0,128	0,54

Продолжение таблицы 14

27	$6 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	0,08	91,93	0,72	22,4	6,38	28,78	2645,7	0,294	0,49
25	$6 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	0,08	91,93	0,72	21,8	6,38	28,18	2590,5	0,288	1,26
22	$6 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	0,08	91,93	0,72	21,8	6,38	28,18	2590,5	0,288	0,63
23	$5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	0,08	53,65	0,55	8	5,1	13,10	702,8	0,078	0,42
19	$6 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	0,08	91,93	0,72	14,2	6,38	20,58	1891,9	0,210	0,44
20	$5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	0,08	53,65	0,55	8,2	5,1	13,30	713,5	0,079	0,31
Ответвления											
10	$5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	0,08	53,65	0,55	22,8	3,9	26,71	1432,9	0,159	0,91
8	$2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	0,07	3,69	0,13	15,6	6	21,60	79,8	0,009	0,63
7	$4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,07	60,83	0,54	26,5	6	32,50	1977,0	0,220	0,84
4	$5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	0,08	53,65	0,55	21,3	7,66	28,96	1553,6	0,173	0,67
5	$4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,07	60,83	0,54	28,9	6	34,90	2123,0	0,236	0,73
1	$3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,07	42,24	0,45	23,4	5	28,40	1199,7	0,133	0,46
2	$4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,07	60,83	0,54	18,9	5	23,90	1453,9	0,162	0,49
Ответвления											
17	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-3}$	0,125	46,37	0,68	65,1	30,1	13,54	4414,4	0,491	0,82
14	$8 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	0,1	42,23	0,56	56	13,54	13,54	2936,6	0,326	0,33
15	$4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,07	60,83	0,54	31,7	6	13,54	2293,3	0,255	0,75
16	$3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,07	46,57	0,47	8	4	13,54	1490,4	0,166	0,66
13	$4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,07	60,83	0,54	23	6	13,54	1764,1	0,196	0,52
12	$4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,07	76,99	0,61	26,3	6	13,54	2486,8	0,276	0,60

### 6.3 Построение пьезометрического графика

После выполнения гидравлического расчета водяных тепловых сетей приступаем к построению графика давлений для расчетной магистрали и характерных ответвлений. Напор, м, отсчитанный от оси прокладки теплопровода, называется пьезометрическим, а график давлений – пьезометрическим графиком.

Пьезометрический график позволяет: определить напор и располагаемый напор в любых точках сети; учесть взаимное влияние рельефа местности, высоты присоединенных потребителей и потерь напора в сети при разработке гидравлического режима, подобрать сетевые и подпиточные насосы.

Пьезометрический график строится для статического и динамического режимов работ системы теплоснабжения.

Пьезометрический график строим для летнего и зимнего режимов. Потери напора в трубопроводах в летний период определены путем гидравлического расчета (таблица 14).

## 7 Оборудование тепловых сетей

### 7.1 Трасса и профиль теплотрассы

Направление теплотрассы выбиралось на основании геодезической съемки, плана существующих и намечаемых надземных и подземных сооружений, данных о характеристики грунта и т.п. Тепловая сеть в квартале 7Б будет проложена жилым районе, поэтому применяем подземный способ прокладки железобетонных лотков по серии 3.006.1-2/87.

Из условий снижения материальных затрат при строительстве теплотрассы, устанавливаем минимальное количество тепловых камер, в местах установки запорной арматуры нуждающихся в обслуживании, а также в местах с естественной компенсацией.

Число люков для камер с установленной запорной арматурой (задвижки, спускники, воздушники) следует предусматривать не менее двух, расположенных по диагонали. Для камер без запорной арматуры допускается установка одного люка [4].

Уклон тепловых сетей независимо от направления движения теплоносителя и способа прокладки должен быть не менее 0,002. Уклон тепловых сетей к отдельным зданиям при подземной прокладке должен приниматься, как правило, от здания к ближайшей камере. [4].

В тоннелях надлежит предусматривать приточно-вытяжную вентиляцию. Вентиляция тоннелей должна обеспечивать как в зимнее, так и летнее время температуру воздуха в тоннелях не выше 40 °С, а на время производства ремонтных работ – не выше 33 °С. Температуру воздуха в тоннелях с 40 до 33 °С допускается снижать с помощью передвижных вентиляционных установок [4].

### 7.2 Трубопроводы и арматура

Для трубопроводов тепловых сетей следует предусматривать стальные электросварные трубы или бесшовные стальные трубы [4].

Все трубопроводы независимо от транспортируемого продукта должны иметь дренажи для слива воды после гидравлического испытания и воздушники в верхних точках трубопроводов для удаления газа [11].

### 7.3 Расчет и подбор компенсаторов

При разработке монтажной схемы был произведен выбор компенсаторов и места их установки, предусмотрены участки с естественной самокомпенсацией (углы поворота  $90^\circ$ , z – образные и г – образные участки).

Выбор и расчет компенсаторов должен основываться на достаточную компенсирующую способность для воспринимания температурных удлинений участков трубопровода между неподвижными опорами, при этом максимальные напряжения в радиальных компенсаторах не должны превышать допустимые. Для предварительной оценки можно ориентироваться на усредненные допускаемые компенсационные напряжения при  $\tau_1 = 150^\circ\text{C}$  и  $P_p = 1,6 \text{ МПа}$ : для гибких компенсаторов  $\sigma_{\text{доп}} = 110 \text{ МПа}$ ; для участков самокомпенсации  $\sigma_{\text{доп}} = 80 \text{ МПа}$ , [3].

#### 7.3.1 Методика расчета П-образных компенсаторов

Линейное удлинение компенсируемого участка трубопровода находим по формуле:

$$\Delta l = \alpha \cdot L \cdot \Delta t, \text{ мм}, \quad (43)$$

где  $\alpha$  – средний коэффициент линейного расширения стали,  $\text{мм}/(\text{м}/^\circ\text{C})$ , принимаем  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ м}/(\text{м}/^\circ\text{C})$ ;  $L$  – расстояние между неподвижными опорами, м;  $\Delta t$  – расчетный перепад температур, определяемый по формуле:

$$\Delta t = \tau_1 - t_o^p, ^\circ\text{C}, \quad (44)$$

где  $\tau_1$  – температура теплоносителя,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_o^p$  – расчетная температура наружного воздуха для проектирования системы отопления,  $t_o^p = -39^\circ\text{C}$ .

Под действием равнодействующие силы поперечного сечения трубы сплющиваются, превращаясь из круглого в эллиптическое, от чего

понижается ее жесткость. Коэффициент жесткости гнутых отводов зависит от геометрической характеристики отвода.

Геометрическую характеристику отвода находим по формуле:

$$h = \frac{\delta \cdot R}{r_{\text{CP}}^2}, \text{ м}, \quad (45)$$

где  $\delta$  – толщина стенки трубопровода, м;  $R$  – радиус гнутого отвода, м;

$r_{\text{CP}}$  – средний радиус изгиба оси трубы, м, который определяется по формуле:

$$r_{\text{CP}} = \frac{(d_{\text{H}} - \delta)}{2}, \text{ м}, \quad (46)$$

где  $d_{\text{H}}$  – наружный диаметр трубопровода, м.

При  $h \leq 1$  коэффициент жесткости вычисляется по формуле [5]:

$$k = \frac{h}{1,65}. \quad (47)$$

При  $h > 1$  по формуле:

$$k = \frac{1 + 12 \cdot h^2}{10 + 12 \cdot h^2}. \quad (48)$$

Максимальное изгибающее напряжение в П-образном компенсаторе действует вверху компенсатора (на прямом участке в месте начала изгиба), так как она находится на максимальном расстоянии от направления действующей силы, [5].

Максимальное изгибающее напряжение находим по формуле:

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{\Delta l_{\text{p}} \cdot E \cdot d_{\text{H}} \cdot l \cdot m}{A}, \text{ Па}, \quad (49)$$

где  $A$  находим по формуле:

$$A = 2 \cdot \left\{ \frac{1}{k} \cdot [3,14 \cdot R \cdot l^2 - 2,28 \cdot R^2 \cdot l + 1,4 \cdot R^3] + \right. \\ \left. + 0,67 \cdot l^3 + l_1 \cdot l^2 - 4 \cdot R \cdot l^2 + 2 \cdot R^2 \cdot l - 1,33 \cdot R^3 \right\}, \text{ м}, \quad (50)$$

$E$  – модуль продольной упругости (для стали  $E \approx 2 \cdot 10^{11}$  Па);  $d_{\text{H}}$  – наружный диаметр трубопровода, м;  $\Delta l_{\text{p}}$  – предварительное растяжение компенсатора, м, находим по формуле:

$$\Delta l_p = \varepsilon \cdot \Delta l, \text{ м}, \quad (51)$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент, учитывающий релаксацию компенсационных напряжений и предварительную растяжку компенсатора в размере 50 % полного теплового удлинения  $\Delta l$  при температуре сетевой воды  $t \leq 400^\circ\text{C}$ .

Проведем пример расчета П-образного компенсатора  $d_H = 0,273$  м, участок №18.

Определяем расчетный перепад температур по формуле (44):

$$\Delta t = 150 - (-39) = 189^\circ\text{C}.$$

Находим линейное удлинение компенсируемого участка трубопровода по формуле (43):

$$\Delta l = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 120 \cdot 189 = 0,272 \text{ м}.$$

Находим средний радиус изгиба оси трубы по формуле (46) толщину стенки принимаем  $\delta = 0,008$  м:

$$r_{cp} = \frac{(0,273 - 0,008)}{2} = 0,133 \text{ м}.$$

Геометрическую характеристику отвода находим по формуле (45) радиус гнутого отвода  $R = 1$  м:

$$h = \frac{0,008 \cdot 1}{0,133^2} = 0,44 \text{ м}.$$

При  $h \leq 1$  коэффициент жесткости вычисляется по формуле (48):

$$k = \frac{h}{1,65} = \frac{0,44}{1,65} = 0,27.$$

Поправочный коэффициент напряжения для гнутых гладких труб рассчитывается и учитывается только при  $m > 1$ , т.е.  $h < 0,85$ , [5]:

$$m = \frac{0,9}{h^{0,67}} = \frac{0,9}{0,44} = 2.$$

Пользуясь номограммой [7] определяем  $l$  вылет компенсатора по расстоянию между неподвижными опорами и условным диаметром трубопровода,  $l = l_1 = 5$  м.



Вычисляем  $A$  по формуле (50):

$$A = 2 \cdot \left\{ \frac{1}{0,27} \cdot [3,14 \cdot 1 \cdot 5^2 - 2,28 \cdot 1^2 \cdot 5 + 1,4 \cdot 1^3] + \right. \\ \left. + 0,67 \cdot 5^3 + 5 \cdot 5^2 - 4 \cdot 1 \cdot 2^2 + 2 \cdot 1^2 \cdot 5 - 1,33 \cdot 1^3 \right\} = 796,3 \text{ м.}$$

Находим предварительное растяжение компенсатора по формуле (51):

$$\Delta l_p = 0,5 \cdot 0,272 = 0,136 \text{ м.}$$

Тогда максимальное изгибающее напряжение составит, формула (49):

$$\sigma_{\max} = \frac{0,136 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 0,273 \cdot 5 \cdot 2}{796,3} = 93 \cdot 10^6 \text{ Па} = 93 \text{ МПа}.$$

Проводим аналогичные расчеты для П-образных компенсаторов на всех участках расчетной схемы и сводим в таблицу 15.

Таблица 15 – Размеры П-образных компенсаторов при расчетном перепаде температур  $\Delta t = 189\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

№ участка	Протяженность трубопровода $L$ , м	Наружный диаметр $d_n$ , м	Толщина стенки, $\delta$ , м	Линейное удлинение, $\Delta L$ , м	Радиус гнутого отвода $R$ , м	Средний радиус $r_{\text{ср}}$ , м	Геометрическая характеристика отвода $h$	Поправочный коэффициент $m$	Коэффициент жесткости $k$	$A$	Вылет компенсатора $l$ , м	предварительное растяжение компенсатора $\Delta p$ , м	Максимальное изгибающее напряжение $\sigma_{\text{max}}$ , МПа
3	76	0,108	6	0,172	0,45	0,05	1,04		0,61	58,5	2,5	0,09	79,6
6	50,8	0,159	8	0,115	0,63	0,08	0,88		0,54	66,3	2,5	0,06	69,0
9	61,1	0,219	8	0,139	0,85	0,11	0,61	1,25	0,37	157,6	3	0,07	72,3
11	60	0,219	8	0,136	0,85	0,11	0,61	1,25	0,37		3	0,07	71,0
17	65,1	0,133	6	0,148	0,53	0,06	0,79	1,06	0,48	600,5	2,5	0,07	75,3
18	100	0,273	8	0,227	1	0,13	0,46	1,52	0,28	157,6	4,5	0,11	70,7
21	53	0,133	6	0,120	0,53	0,06	0,79	1,06	0,48	37,3	2	0,06	90,4
24	46	0,159	8	0,104	0,63	0,08	0,88		0,54	66,3	2,5	0,05	62,5
26	103,8	0,159	8	0,213	0,63	0,08	0,88		0,54	171,2	3,5	0,11	69,2
28	46	0,219	8	0,104	0,85	0,13	0,39	1,70	0,23	232,5	2,5	0,05	62,4
31	52	0,273	8	0,118	1	0,13	0,46	1,52	0,28	221,3	3	0,06	66,

## 8 Тепловой расчет теплоизоляционной конструкции

Толщина основного слоя выбирается изоляционной конструкции выбирается на основании технико-экономического расчета или по нормам потерь теплоты, а при заданной конечной температуре теплоносителя – в соответствии с перепадом температур.

Определение толщины тепловой изоляции для подающего и обратного трубопроводов по суммарной нормативной линейной плотности теплового потока  $q_{1,2}^L$ , Вт/м, выполняем методом последовательных приближений [8].

Для этого задаемся первоначально толщиной тепловой изоляции  $\delta_{из1} = \delta_{из2} = \delta_{из0}$ , одинаковой для обоих трубопроводов, и рассчитываем температуру в канале по формуле [8]:

$$t_{КАН} = \frac{\frac{t_{Б.1}}{R_{из.1}^L + R_{Н.1}^L} + \frac{t_{Б.2}}{R_{из.2}^L + R_{Н.2}^L} + \frac{t_{Н}}{R_{КАН} + R_{ГР}}}{\frac{1}{R_{из.1}^L + R_{Н.1}^L} + \frac{1}{R_{из.2}^L + R_{Н.2}^L} + \frac{1}{R_{КАН} + R_{ГР}}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (52)$$

где  $t_{Б.1}$  – среднегодовая температура сетевой воды при температурном графике 150–70 °С, принимаем по [8] таблица В.5, тогда температура сетевой воды в подающем трубопроводе  $t_{Б.1} = 90$  °С;  $t_{Б.2}$  – среднегодовая температура сетевой воды при температурном графике 150–70 °С, принимаем по [8] таблица В.5, тогда температура сетевой воды в обратном трубопроводе  $t_{Б.1} = 50$  °С;  $t_{Н}$  – температура окружающей среды, принимаем температуру грунта по [9] приложение 3, температура грунта на глубине 1,2 м составит  $t_{Н} = 4$  °С;  $R_{из.1}^L, R_{из.2}^L$  – термические сопротивления теплоотдаче от поверхности изоляции подающего и обратного трубопроводов, Вт/(м·°С),  $R_{из.1}^L = R_{из.2}^L$ , рассчитываем по формуле [8]:

$$R_{из.1}^L = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{из}} \cdot \ln \frac{d_1 + 2 \cdot \delta_{из.1}}{d_1}, \text{ (м} \cdot \text{°С) / Вт}, \quad (53)$$

где  $d_1$  – наружный диаметр трубопровода, мм;  $\delta_{из1}$  – принимаемая толщина тепловой изоляции, м;  $\lambda_{из}$  – теплопроводность тепловой изоляции в конструкции, Вт/(м·°C), принимаем маты прошивные тогда [8]:

$$\lambda_{из} = 0,045 + 0,00021 \cdot t_m = 0,045 + 0,00021 \cdot 65 = 0,059 \text{ Вт/(м·°C)},$$

$$\text{где } t_m = \frac{(t_B + 40)}{2} = \frac{(90 + 40)}{2} = 65 \text{ °C}.$$

Термическое сопротивление теплоотдаче от поверхности изоляции трубопровода  $R_{H.1}^L$  рассчитываем по формуле [8]:

$$R_{H.1}^L = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \alpha_K \cdot (d_1 + 2 \cdot \delta_{из1})}, (\text{м·°C})/\text{Вт}, \quad (54)$$

где  $\alpha_K$  – коэффициент теплоотдачи в канале, принимаем равным  $\alpha_K = 11 \text{ Вт/(м·°C)}$ .

Термическое сопротивление теплоотдаче от воздуха к поверхности канала  $R_{КАН}$  рассчитываем по формуле [8]:

$$R_{КАН} = \frac{1}{\pi \cdot \alpha_K \cdot \frac{2 \cdot b \cdot h}{b + h}}, (\text{м·°C})/\text{Вт}, \quad (55)$$

где  $b$  – ширина канала, м;  $h$  – высота канала, м.

Термическое сопротивление грунта  $R_{ГР}$ , рассчитываем по формуле [8]:

$$R_{ГР} = \frac{\ln \left[ 3,5 \cdot \frac{H}{h} \cdot \left( \frac{h}{b} \right)^{0,25} \right]}{\left( 5,7 + 0,5 \cdot \frac{b}{h} \right) \cdot \lambda_{ГР}}, \text{ Вт/(м·°C)}, \quad (56)$$

где  $H$  – глубина заложения, расстояние от оси трубы до поверхности земли, м;  $\lambda_{ГР}$  – теплопроводность грунта, Вт/(м·°C), принимаем по [8] таблица В.6, в месте прокладывания трубопроводов грунт – суглинок, средняя плотность  $1600 \text{ кг/м}^3$ , весовое влагосодержание грунта 8 %,  $\lambda_{ГР} = 1,45 \text{ Вт/(м·°C)}$ .

Вычислим суммарную линейную плотность теплового потока по формуле:

$$q_{L1,2} = \frac{(t_{\text{КАН}} - t_{\text{Н}}) \cdot K}{R_{\text{КАН}} + R_{\text{ГР}}}, \text{ Вт/м}, \quad (57)$$

где  $K$  – коэффициент дополнительных потерь, при расчете толщины тепловой изоляции по нормированной плотности теплового потока принимается  $K = 1$ .

Полученное расчетное значение сравниваем с нормативной линейной плотностью теплового потока, [8] таблица 8, исходя из того, что изменение стоимости теплоты в зависимости от района строительства и способа прокладки трубопровода, нормы теплового потока для цилиндрической поверхности с условным проходом 1400 мм и менее  $q_{\text{рег}}^L$ , определяем по формуле:

$$q_L^{\text{рег}} = q_L \cdot K, \text{ Вт/м}, \quad (58)$$

где  $q_L$  – нормированная линейная плотность теплового потока (на 1 м длины цилиндрического объекта), Вт/м, принимаем [8] таблица 8;  $K$  – коэффициент, учитывающий изменение стоимости теплоты и теплоизоляционной конструкции в зависимости от района строительства и способа прокладки трубопровода, принимаем [8] таблица 13, для Западной Сибири  $K = 0,95$ .

Проведем пример расчета для трубопровода наружным диаметром  $d_1 = 0,325$  мм на расчетном участке №35.

Находим термическое сопротивление грунта по формуле (56):

$$R_{\text{ГР}} = \frac{\ln \left[ 3,5 \cdot \frac{1,0}{0,84} \cdot \left( \frac{0,84}{1,5} \right)^{0,25} \right]}{\left( 5,7 + 0,5 \cdot \frac{1,5}{0,84} \right) \cdot 1,45} = 0,13 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}.$$

Находим термическое сопротивление теплоотдаче от воздуха к поверхности канала по формуле (55):

$$R_{\text{кан}} = \frac{1}{3,14 \cdot 11 \cdot \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 0,84}{1,5 + 0,84}} = 0,027 \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт.}$$

Находим термическое сопротивление теплоотдаче от поверхности изоляции трубопровода по формуле (54), принимаем  $\delta_{\text{из1}} = 100 \text{ мм} = 0,10 \text{ м}$ :

$$R_{\text{н.1}}^L = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 11 \cdot (0,325 + 2 \cdot 0,1)} = 0,028 \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт.}$$

Находим термические сопротивления теплоотдаче от поверхности изоляции трубопроводов по формуле (53):

$$R_{\text{из.1}}^L = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,059} \cdot \ln \frac{0,325 + 2 \cdot 0,1}{0,325} = 1,3 \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт.}$$

Рассчитываем температуру в канале по формуле (52) учитывая, что  $R_{\text{из.1}}^L = R_{\text{из.2}}^L$  и  $R_{\text{н.1}}^L = R_{\text{н.2}}^L$  тогда:

$$t_{\text{кан}} = \frac{\frac{90}{1,3 + 0,028} + \frac{50}{1,3 + 0,028} + \frac{4}{0,027 + 0,13}}{\frac{1}{1,3 + 0,028} + \frac{1}{1,3 + 0,028} + \frac{1}{0,027 + 0,13}} = 16,87 \text{ °C.}$$

Находим суммарную линейную плотность теплового потока по формуле (57):

$$q_{L1,2} = \frac{(16,87 - 4) \cdot 1}{0,027 + 0,13} = 79,9 \text{ Вт/м.}$$

Сравниваем по формуле (58):

$$q_L^{\text{reg}} = 79 \cdot 0,95 = 75,1 \text{ Вт/м.}$$

Полученное расчетное значение сравниваем с нормативной линейной плотностью теплового потока, [8] таблица 8.

Произведем аналогичный расчет тепловой изоляции для других наружных диаметров трубы, полученные значения сведем в таблицу 16.

Таблица 16 – Расчет тепловой изоляции трубопроводов

$d_1$ , м	Размеры канала		$R_{ГР}$ , Вт/(м·°C)	$R_{КАН}$ , (м·°C)/Вт	$R_{Н.1}^L$ , (м·°C)/Вт	$R_{ИЗ.1}^L$ , (м·°C)/Вт	$t_{КАН}$ , °C	$\delta_{ИЗ}$ , м	$q_{L1,2}$ , Вт/м	$q_L^{reg}$ , Вт/м
	высота $h$ , м	ширина $b$ , м								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,325	0,84	1,5	0,13	0,027	0,028	1,30	16,87	0,1	79,92	75,05
0,273	0,6	1,2	0,16	0,036	0,031	1,49	17,72	0,1	68,66	67,45
0,219	0,6	1,2	0,16	0,036	0,035	1,76	16,02	0,1	60,11	57,95
0,159	0,46	0,9	0,19	0,048	0,040	2,21	15,59	0,1	48,33	47,5
0,133	0,46	0,9	0,19	0,048	0,043	2,49	14,50	0,1	43,78	43,7
0,108	0,46	0,9	0,19	0,048	0,047	2,85	13,39	0,1	39,15	38
0,089	0,46	0,6	0,21	0,056	0,050	3,20	13,37	0,1	34,87	35,15
0,076	0,46	0,6	0,21	0,056	0,052	3,50	12,67	0,1	32,26	33,25

Покровный слой принимаем стеклопластик РСТ-250 и рубероид по стеклопластику в качестве теплоизоляционной оболочки на трубопроводе от капельной влаги, которая может образоваться на перекрытии и стенках канала.

## 9 Выбор оборудования для индивидуального теплового пункта

В тепловых пунктах предусматривается размещение оборудования, арматуры, приборов контроля, управления и автоматизации, посредством которых осуществляется [10]:

- преобразование вида теплоносителя или его параметров;
- контроль параметров теплоносителя;
- регулирование расхода теплоносителя и распределение его по системам потребления теплоты;
- отключение систем потребления теплоты;
- заполнение и подпитка систем потребления теплоты;
- учет тепловых потоков и расходов теплоносителя.

### 9.1 Тепловой и гидравлический расчет водоподогревателя горячего водоснабжения, присоединенного по параллельной схеме

Тепловой и гидравлический расчет водоподготовительных установок сводится к определению расчетной поверхности нагрева, выбора и количества секций, а также гидравлического сопротивления водоподогревателя по греющей и нагреваемой воде.

Расчет водоподогревателей системы горячего водоснабжения при любых схемах подключения их к тепловым сетям производится для самого неблагоприятного режима, соответствующей точке излома температурного графика [10].

Пластинчатые теплообменники бывают различных конструкции, применяются в основном, когда коэффициенты теплообмена для обоих теплоносителей приблизительно равны. В настоящее время эти теплообменники очень компактны и по технико – экономическим и по эксплуатационным показателям превосходят большинство кожухотрубных теплообменников.



В [10] рассматриваются теплообменники с тремя типами пластин – 0,3 р, 0,6 р и 0,5 Пр.

В дипломном проекте для расчета выбираем теплообменник с пластинами типа 0,6 Р (разборные), так как эти пластины большей площади ( $0,6 \text{ м}^2$ ) и сам теплообменный аппарат получается меньше по габаритам.

Проведем пример расчета для жилого дома пр. Притомский, 9 (блок секция I), схема подключения водоподогревателей на горячее водоснабжение по параллельной схеме, нагрузка на ГВС  $Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}} = 0,695 \text{ МВт}$ , температура на выходе из подогревателя  $t_{\text{ГВС}} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Определяем расход греющей среды находим как:

$$G_{\text{ГР}} = \frac{Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}}}{c \cdot (\tau'_1 - \tau'_3)} = \frac{0,695 \cdot 10^6}{4,2 \cdot 10^{-3} \cdot (70 - 30)} = 4,14 \text{ кг/с};$$

Определяем расход нагреваемой среды находим как:

$$G_{\text{НАГР}} = \frac{Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}}}{c \cdot (t_{\text{ГВС}} - t_{\text{Х}})} = \frac{0,695 \cdot 10^6}{4,2 \cdot 10^{-3} \cdot (60 - 5)} = 3,02 \text{ кг/с};$$

где  $\tau'_1$  – температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети в точке излома графика температур воды,  $\tau'_1 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\tau'_3$  – температура воды после параллельно включенного подогревателя горячего водоснабжения, принимаем  $\tau'_3 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ , [10];  $t_{\text{Х}}$  – температура холодной воды в зимнее время принимаем,  $t_{\text{Х}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Определим среднюю температуру греющей среды как:

$$t_{\text{CP}}^{\text{ГР}} = \frac{\tau'_1 + \tau'_3}{2} = \frac{70 + 30}{2} = 65 \text{ }^\circ\text{C},$$

Определим среднюю температуру нагреваемой среды как:

$$t_{\text{CP}}^{\text{НАГР}} = \frac{t_{\text{ГВС}} + t_{\text{Х}}}{2} = \frac{60 + 5}{2} = 32,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

При расчете пластинчатого водоподогревателя оптимальная скорость воды в каналах принимается равной  $\omega_{\text{ОПТ}} = 0,4 \text{ м/с}$  [10].

Выбрав тип пластины рассчитываемого водоподогревателя горячего водоснабжения, по оптимальной скорости  $\omega_{\text{ОПТ}}$  находим требуемое количество каналов по нагреваемой воде по формуле [10]:

$$m_{\text{НАГР}} = \frac{G_{\text{ГР}}}{\omega_{\text{ОПТ}} \cdot f_{\text{К}} \cdot \rho_{\text{ГР}}} = \frac{4,14}{0,4 \cdot 0,00245 \cdot 980,5} = 4,3 \approx 4.$$

где  $f_{\text{К}}$  – площадь поперечного сечения канала,  $\text{м}^2$ , принимаем исходя из выбранных типа пластин [10],  $f_{\text{К}} = 0,00245 \text{ м}^2$ ;  $\rho_{\text{ГР}}$  – плотность греющей среды при  $t_{\text{СР}}^{\text{ГР}} = 65 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , будет равна  $\rho_{\text{ГР}} = 980,5 \text{ кг/м}^3$ .

Общее живое сечение каналов в пакете по ходу греющей и нагреваемой среды находим по формуле [10]:

$$f_{\text{ГР}} = f_{\text{НАГР}} = m_{\text{НАГР}} \cdot f_{\text{К}} = 4 \cdot 0,00245 = 0,01 \text{ м}^2.$$

Фактические скорости греющей и нагреваемой воды находим по формулам:

$$\omega_{\text{ГР}} = \frac{G_{\text{ГР}}}{f_{\text{ГР}} \cdot \rho_{\text{ГР}}} = \frac{4,14}{0,01 \cdot 980,5} = 0,42 \text{ м/с};$$

$$\omega_{\text{НАГР}} = \frac{G_{\text{НАГР}}}{f_{\text{НАГР}} \cdot \rho_{\text{НАГР}}} = \frac{3,02}{0,01 \cdot 994,8} = 0,3 \text{ м/с},$$

где  $\rho_{\text{НАГР}}$  – плотность греющей среды при  $t_{\text{СР}}^{\text{НАГР}} = 32,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , будет равна  $\rho_{\text{ГР}} = 994,8 \text{ кг/м}^3$ .

Коэффициент теплоотдачи от греющей воды к стенке пластины находим по формуле [10]:

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{ГР}} &= 1,16 \cdot A \cdot \left[ 23000 + 283 \cdot t_{\text{СР}}^{\text{ГР}} - 0,63 \cdot t_{\text{СР}}^{\text{ГР}^2} \right] \cdot \omega_{\text{ГР}} = \\ &= 1,16 \cdot 0,492 \cdot \left[ 23000 + 283 \cdot 65 - 0,63 \cdot 65^2 \right] \cdot 0,42 = 9284,4 \text{ Вт/}(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}), \end{aligned}$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от типа пластин, для типа выбранных пластин  $A = 0,492$ .

Коэффициент тепловосприятия от стенки пластины к нагреваемой воде находим по формуле:

$$\alpha_{\text{НАГР}} = 1,16 \cdot A \cdot \left[ 23000 + 283 \cdot t_{\text{CP}}^{\text{НАГР}} - 0,63 \cdot t_{\text{CP}}^{\text{НАГР}^2} \right] \cdot \omega_{\text{НАГР}} =$$

$$= 1,16 \cdot 0,492 \cdot \left[ 23000 + 283 \cdot 32,5 - 0,63 \cdot 32,5^2 \right] \cdot 0,3 = 5399 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Коэффициент теплопередачи находим по формуле:

$$k = \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_{\text{ГР}}} + \frac{\delta_{\text{ПЛ}}}{\lambda_{\text{СТ}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{НАГР}}}} = \frac{0,8}{\frac{1}{9284,4} + \frac{0,001}{16} + \frac{1}{5399}} = 2000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}),$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий уменьшение коэффициента теплопередачи из-за термического сопротивления накипи и загрязнений на пластине, в зависимости от качества воды принимается равным 0,7-0,85;  $\delta_{\text{ПЛ}}$  – толщину пластины принимаем  $\delta_{\text{ПЛ}} = 1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м}$ ;  $\lambda_{\text{ПЛ}}$  – коэффициент теплопроводности пластины для пластинчатых теплообменников принимаем  $\lambda_{\text{СТ}} = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ .

Определяем требуемую поверхность нагрева по формуле:

$$F_{\text{ТР}} = \frac{Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}}}{k \cdot \Delta t} = \frac{0,695 \cdot 10^6}{2000 \cdot 16,3} = 21,3 \text{ м}^2,$$

где  $\Delta t$  – температурный напор определяем по формуле:

$$\Delta t = \frac{(\tau'_3 - t_X) - (\tau'_1 - t_{\text{ГВС}})}{\ln \frac{\tau'_3 - t_X}{\tau'_1 - t_{\text{ГВС}}}} = \frac{(30 - 5) - (70 - 60)}{\ln \frac{30 - 5}{70 - 60}} = 16,3 ^\circ\text{C}.$$

Количество ходов в теплообменнике:

$$X = \frac{F_{\text{ТР}} + f_{\text{ПЛ}}}{2 \cdot m_{\text{НАГР}} \cdot f_{\text{ПЛ}}} = \frac{21,3 + 0,6}{2 \cdot 4 \cdot 0,6} = 4,2 \approx 5,$$

где  $f_{\text{ПЛ}}$  – поверхность нагрева одной пластины, принимаем исходя из выбранных типа пластин [10],  $f_{\text{ПЛ}} = 0,6 \text{ м}^2$ .

Полученное количество число ходов округляется до целого числа.

Определяем действительную поверхность нагрева всего водоподогревателя по формуле:

$$F_{\text{Д}} = (2 \cdot m_{\text{НАГР}} \cdot X - 1) \cdot f_{\text{ПЛ}} = (2 \cdot 4 \cdot 5 - 1) \cdot 0,6 = 23,4 \text{ м}^2.$$

Определяем потери давления в водоподогревателе по формулам:

для греющей среды

$$\begin{aligned}\Delta P_{ГР} &= \varphi \cdot B \cdot (33 - 0,08 \cdot t_{CP}^{ГР}) \cdot \omega_{ГР}^{1,75} \cdot X = \\ &= 1 \cdot 3 \cdot (33 - 0,08 \cdot 65) \cdot 0,42^{1,75} \cdot 4 = 73,1 \text{ кПа} \end{aligned};$$

для нагреваемой среды

$$\begin{aligned}\Delta P_{НАГР} &= \varphi \cdot B \cdot (33 - 0,08 \cdot t_{CP}^{НАГР}) \cdot \omega_{НАГР}^{1,75} \cdot X = \\ &= 1,5 \cdot 3 \cdot (33 - 0,08 \cdot 32,5) \cdot 0,3^{1,75} \cdot 4 = 65,7 \text{ кПа} \end{aligned},$$

где  $\varphi$  - коэффициент, учитывающий накипеобразование, который для греющей сетевой воды равен единице, а для нагреваемой воды должен приниматься по опытным данным, при отсутствии таких данных можно принимать  $\varphi = 1,5 \div 2$ ;  $B$  - коэффициент, зависящий от типа пластины, для типа выбранных пластин  $B = 3,0$ .

После проведенных расчетов выбираем пластинчатый водоподогреватель фирмы «Альфа-Лаваль» М6-FM, расчетная площадь нагрева  $F_{д} = 23,4 \text{ м}^2$ , количество пластин 39, поверхность нагрева каждой пластины  $0,6 \text{ м}^2$ .

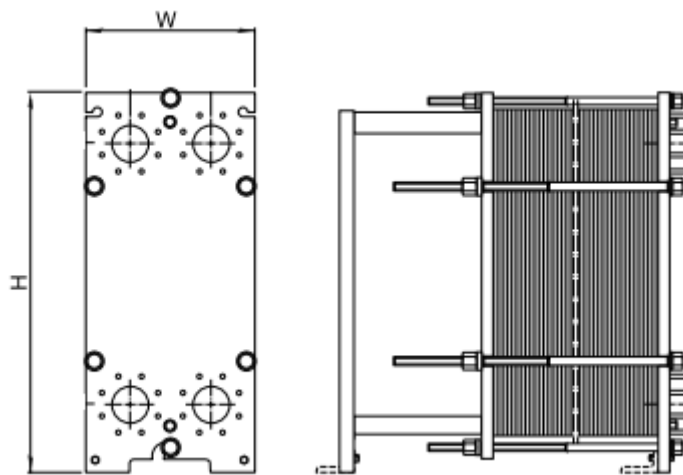


Рисунок 4 – Пластинчатый теплообменник

Характеристики пластинчатого теплообменника:

Высота  $H$  – 920 мм., ширина  $W$  – 320мм., максимальный расход – 15 кг/с.

## 9.2 Тепловой и гидравлический расчет водоподогревателя на систему отопления

Расчетную тепловую производительность водоподогревателя для системы отопления следует определять при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления  $t_o = -39^\circ\text{C}$  [10].

Определяем расход греющей среды по формуле [10]:

$$G_{\text{ГР}} = \frac{Q_o^p}{c \cdot (\tau_1 - \tau_{o2})} = \frac{0,501 \cdot 10^6}{4,2 \cdot 10^{-3} \cdot (150 - 80)} = 1,7 \text{ кг/с};$$

где  $\tau_1$  – температура греющей среды на входе в водоподогреватель при температуре наружного воздуха  $t_o$ ,  $\tau_1 = 150^\circ\text{C}$ ;  $\tau_{o2}$  – температура греющей воды на выходе из водоподогревателя, принимаем на  $5-10^\circ\text{C}$  выше температуры воды в обратном трубопроводе системы отопления при расчетной температуре наружного воздуха  $t_o$ ,  $\tau_{o2} = 70 + 10 = 80^\circ\text{C}$ , [10].

Определяем расход нагреваемой среды по формуле [10]:

$$G_{\text{НАГР}} = \frac{Q_o^p}{c \cdot (\tau_{o1} - \tau_2)} = \frac{0,501 \cdot 10^6}{4,2 \cdot 10^{-3} \cdot (95 - 70)} = 4,3 \text{ кг/с},$$

где  $\tau_2$  – температура нагреваемой воды на входе в водоподогреватель равной температуре воды в обратном трубопроводе системы отопления при температуре наружного воздуха  $t_o$ ,  $\tau_2 = 70^\circ\text{C}$ ;  $\tau_{o1}$  – температура нагреваемой воды на выходе из водоподогревателя, равной температуре воды в подающем трубопроводе системы отопления при расчетной температуре наружного воздуха  $t_o$ ,  $\tau_{o1} = 95^\circ\text{C}$ .

Определим среднюю температуру греющей среды:

$$t_{\text{ГР}}^{\text{CP}} = \frac{\tau_1 + \tau_{o2}}{2} = \frac{150 + 80}{2} = 115^\circ\text{C},$$

Определим среднюю температуру нагреваемой среды:

$$t_{\text{НАГР}}^{\text{CP}} = \frac{\tau_{o1} + \tau_2}{2} = \frac{95 + 70}{2} = 82,5^\circ\text{C}.$$

При расчете пластинчатого водоподогревателя оптимальная скорость воды в каналах принимается равной  $\omega_{\text{ОПТ}} = 0,4 \text{ м/с}$  [10].

Выбрав тип пластины рассчитываемого водоподогревателя горячего водоснабжения, по оптимальной скорости  $\omega_{\text{ОПТ}}$  находим требуемое количество каналов по нагреваемой воде по формуле [10]:

$$m_{\text{НАГР}} = \frac{G_{\text{ГР}}}{\omega_{\text{ОПТ}} \cdot f_{\text{К}} \cdot \rho_{\text{ГР}}} = \frac{1,6}{0,4 \cdot 0,00245 \cdot 947,2} = 1,7 \approx 2.$$

где  $f_{\text{К}}$  – площадь поперечного сечения канала,  $\text{м}^2$ , принимаем исходя из выбранных типа пластин  $f_{\text{К}} = 0,00245 \text{ м}^2$ ;  $\rho_{\text{ГР}}$  – плотность греющей среды при  $t_{\text{СР}}^{\text{ГР}} = 115 \text{ °C}$ , будет равна  $\rho_{\text{ГР}} = 947,2 \text{ кг/м}^3$ .

Общее живое сечение каналов в пакете по ходу греющей и нагреваемой среды находим по формуле [10]:

$$f_{\text{ГР}} = f_{\text{НАГР}} = m_{\text{НАГР}} \cdot f_{\text{К}} = 2 \cdot 0,00245 = 0,005 \text{ м}^2.$$

Фактические скорости греющей и нагреваемой среды находим по формулам:

$$\omega_{\text{ГР}} = \frac{G_{\text{ГР}}}{f_{\text{ГР}} \cdot \rho_{\text{ГР}}} = \frac{1,6}{0,005 \cdot 947,2} = 0,34 \text{ м/с};$$

$$\omega_{\text{НАГР}} = \frac{G_{\text{НАГР}}}{f_{\text{НАГР}} \cdot \rho_{\text{НАГР}}} = \frac{4,3}{0,005 \cdot 970,2} = 0,8 \text{ м/с},$$

где  $\rho_{\text{НАГР}}$  – плотность нагреваемой среды при  $t_{\text{СР}}^{\text{НАГР}} = 82,5 \text{ °C}$ , будет равна  $\rho_{\text{НАГР}} = 970,2 \text{ кг/м}^3$ .

Коэффициент теплоотдачи от греющей среды к стенке пластины находим по формуле [10]:

$$\alpha_{\text{ГР}} = 1,16 \cdot A \cdot \left[ 23000 + 283 \cdot t_{\text{СР}}^{\text{ГР}} - 0,63 \cdot t_{\text{СР}}^{\text{ГР}^2} \right] \cdot \omega_{\text{ГР}} =$$

$$= 1,16 \cdot 0,492 \cdot \left[ 23000 + 283 \cdot 115 - 0,63 \cdot 115^2 \right] \cdot 0,34 = 8212 \text{ Вт/}(\text{м}^2 \cdot \text{°C}),$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от типа пластин, для типа выбранных пластин  $A = 0,492$ .

Коэффициент тепловосприятости от стенки пластины к нагреваемой среде находим по формуле:

$$\alpha_{\text{НАГР}} = 1,16 \cdot A \cdot \left[ 23000 + 283 \cdot t_{\text{CP}}^{\text{НАГР}} - 0,63 \cdot t_{\text{CP}}^{\text{НАГР}^2} \right] \cdot \omega_{\text{НАГР}} = \\ = 1,16 \cdot 0,492 \cdot \left[ 23000 + 283 \cdot 82,5 - 0,63 \cdot 82,5^2 \right] \cdot 0,7 = 16803 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Коэффициент теплопередачи находим по формуле:

$$k = \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_{\text{ТР}}} + \frac{\delta_{\text{ПЛ}}}{\lambda_{\text{СТ}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{НАГР}}}} = \frac{0,8}{\frac{1}{8212} + \frac{0,001}{16} + \frac{1}{16803}} = 3333,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}),$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий уменьшение коэффициента теплопередачи из-за термического сопротивления накипи и загрязнений на пластине, в зависимости от качества воды принимается равным 0,7-0,85;  $\delta_{\text{ПЛ}}$  – толщину пластины принимаем  $\delta_{\text{ПЛ}} = 1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м}$ ;  $\lambda_{\text{ПЛ}}$  – коэффициент теплопроводности пластины для пластинчатых теплообменников принимаем  $\lambda_{\text{СТ}} = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ .

Определяем требуемую поверхность нагрева по формуле:

$$F_{\text{ТР}} = \frac{Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}}}{k \cdot \Delta t} = \frac{0,501 \cdot 10^6}{3333,3 \cdot 26,5} = 5,7 \text{ м}^2,$$

где  $\Delta t$  – температурный напор определяем по формуле:

$$\Delta t = \frac{(\tau_1 - \tau_{\text{O1}}) - (\tau_{\text{O2}} - \tau_2)}{\ln \frac{\tau_1 - \tau_{\text{O1}}}{\tau_{\text{O2}} - \tau_2}} = \frac{(150 - 95) - (80 - 70)}{\ln \frac{150 - 95}{80 - 70}} = 26,5 ^\circ\text{C}.$$

Количество ходов в теплообменнике:

$$X = \frac{F_{\text{ТР}} + f_{\text{ПЛ}}}{2 \cdot m_{\text{НАГР}} \cdot f_{\text{ПЛ}}} = \frac{5,7 + 0,6}{2 \cdot 2 \cdot 0,6} = 2,6 \approx 3,$$

где  $f_{\text{ПЛ}}$  – поверхность нагрева одной пластины, принимаем исходя из выбранных типа пластин,  $f_{\text{ПЛ}} = 0,6 \text{ м}^2$ .

Полученное количество число ходов округляется до целого числа.

Определяем действительную поверхность нагрева всего водоподогревателя по формуле:

$$F_{\text{д}} = (2 \cdot m_{\text{НАГР}} \cdot X - 1) \cdot f_{\text{пл}} = (2 \cdot 2 \cdot 3 - 1) \cdot 0,6 = 6,6 \text{ м}^2.$$

Определяем потери давления в водоподогревателе по формулам:

для греющей среды

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{ГР}} &= \varphi \cdot B \cdot (33 - 0,08 \cdot t_{\text{СР}}^{\text{ГР}}) \cdot \omega_{\text{ГР}}^{1,75} \cdot X = \\ &= 1 \cdot 3 \cdot (33 - 0,08 \cdot 115) \cdot 0,34^{1,75} \cdot 3 = 32,1 \text{ кПа}; \end{aligned}$$

для нагреваемой среды

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{НАГР}} &= \varphi \cdot B \cdot (33 - 0,08 \cdot t_{\text{СР}}^{\text{НАГР}}) \cdot \omega_{\text{НАГР}}^{1,75} \cdot X = \\ &= 1,5 \cdot 3 \cdot (33 - 0,08 \cdot 82,5) \cdot 0,8^{1,75} \cdot 6 = 241,3 \text{ кПа}, \end{aligned}$$

где  $\varphi$  - коэффициент, учитывающий накипеобразование, который для греющей сетевой воды равен единице, а для нагреваемой воды должен приниматься по опытным данным, при отсутствии таких данных можно принимать  $\varphi = 1,5 \div 2$ ;  $B$  - коэффициент, зависящий от типа пластины, для типа выбранных пластин  $B = 3,0$ .

После проведенных расчетов выбираем пластинчатый водоподогреватель фирмы «Альфа-Лаваль» М6-FM, расчетная площадь нагрева  $F_{\text{д}} = 6,6 \text{ м}^2$ , количество пластин 11, поверхность нагрева каждой пластины  $0,6 \text{ м}^2$ .

### 9.3 Выбор циркуляционных насосов на систему отопления и горячее водоснабжение

Циркуляционные насосы при независимой системе теплоснабжения устанавливаются на обратном трубопроводе от систем отопления, число насосов принимаем не менее двух, один из которых будет резервным [10].

Подачу циркуляционного насоса следует принимать по расчетным расходом воды в системе отопления  $G_{\text{НАГР}} = 4,3 \text{ кг/с} = 15,84 \text{ м}^3/\text{ч}$ , на горячее водоснабжение  $G_{\text{НАГР}} = 3,02 \text{ кг/с} = 11 \text{ м}^3/\text{ч}$ . К установке принимаем для системы отопления циркуляционный насос фирмы Wilo PH – 401E с



пропускной способностью  $19 \text{ м}^3$ , для горячего водоснабжения циркуляционный насос фирмы Wilo PH – 123E с пропускной способностью  $12 \text{ м}^3$ .

#### 9.4 Регулирующая и запорная арматура

Запорная арматура устанавливается на подающем и обратном трубопроводах на входе и выходе их из тепловых пунктов; на всасывающем и нагнетательном патрубках каждого насоса; на подводящих и отводящих трубопроводах каждого водоподогревателя. Принимаем шаровые краны фирмы «Балломакс».

Запорная арматура предназначена для перекрытия потока теплоносителя. Принимать запорную арматуру в качестве регулирующей не допускается [4].

Регулирующая арматура предназначена для регулирования расхода теплоносителя. Независимо от конструктивного исполнения конечной целью ее подбора является обеспечение линейной зависимости между регулирующим воздействием и изменением регулируемого параметра

#### 9.5 Фильтры

В тепловых пунктах в соответствии с [10] предусматривают установку грязевиков для осаждения твердых частичек, но этого недостаточно для обеспечения работоспособности и избежания повреждений автоматической запорно–регулирующей арматуры, тепломеров, расходомеров и насосов.

#### 9.6 Теплосчетчик

Теплосчетчик – это устройство для измерения количества тепловой энергии, которую принимают потребители от теплопровода. Состоят из трех основных частей – расходомера, тепловычислителя и датчиков температуры теплоносителя.

#### 9.7 Измеритель температуры

Измеритель температуры – это устройство в системе автоматического регулирования и контроля, воспринимающее через чувствительный элемент

изменение контролируемой температуры воздуха или теплоносителя и осуществляющее ее функциональное преобразование во входной сигнал для электронного регулятора.

#### 9.8 Электронное управляющее устройство

Электронное управляющее устройство ECL Comfort – которое принимает импульсы от разных измерительных устройств (температуры наружного воздуха, внутреннего воздуха, теплоносителя, горячей воды и т. д.), обрабатывает и формирует на их основании сигнал, передаваемый исполнительному механизму.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5БЗБ1	Котляровой Наталье Юрьевне

	Инженерная школа энергетики	Отделение/НОЦ	НОЦ И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	Теплоэнергетика и теплотехника

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	оклад научного руководителя 26300 руб.; оклад инженера 17000 руб.; тариф на электроэнергию 2,05 руб.; тариф на покупку тепловой энергии 1383,48 руб./Гкал (с НДС)
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Районный коэффициент – 30%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Социальные отчисления от ФОТ – 30%.

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Планирование работ и оценка времени их выполнения.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Смета затрат на проект.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет экономической эффективности и срока окупаемости проекта

**Перечень графического материала** (с точным указанием обязательных чертежей):

--

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель Отделения социально-гуманитарных наук	Кузьмина Наталья Геннадьевна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5БЗБ1	Котлярова Наталья Юрьевна		

## 10 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе рассчитываются затраты на исследование темы «Проектирование системы теплоснабжения квартала №7Б города Кемерово». Техническая часть работы была рассмотрена с точки зрения проектирования системы теплоснабжения и присоединения потребителей тепловой энергии строящегося квартала.

### 10.1 Планирование работ и оценка времени их выполнения

Для выполнения работы, составляется план. В нем подсчитывается по пунктам трудоемкость работ, количество исполнителей, участвующих в проекте, расходы и текущие затраты: заработная плата, социальные отчисления.

Поэтапный список работ, работающие исполнители, оценка объема трудоемкости отдельных видов работ сведена в таблицу 17.

Таблица 17– Планирование работ и оценка времени их выполнения

№ п/п	Наименование работ	Исполнитель	Продолжительность дней
1	Выдача и получение задания	Научный руководитель	1
		Инженер	
2	Сбор исходных данных для проектирования	Инженер	3
3	Расчет тепловых нагрузок по укрупненным показателям	Инженер	3
4	Расчет годовых расходов теплоты, построение графика зависимости продолжительности тепловой нагрузки	Инженер	4
5	Расчет расходов теплоносителя по всем объектам квартала, выполнение чертежей схемы подключения микрорайона	Инженер	5

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4
6	Проверка расчетов и чертежей	Научный руководитель	1
		Инженер	
7	Доработка расчетов и исправление замечаний	Инженер	3
8	Гидравлический расчет тепловых сетей, построение пьезометрического графика	Инженер	4
9	Расчет и выбор оборудования тепловых сетей, тепловой изоляции трубопроводов	Инженер	4
12	Расчет и подбор оборудования тепловых пунктов	Инженер	4
11	Проверка расчетов	Научный руководитель	1
		Инженер	
12	Оформление работы по стандартам ТПУ	Инженер	3
13	Утверждение ВКР руководителем	Научный руководитель	1
		Инженер	
14	ИТОГО	Научный руководитель	4
		Инженер	37

## 10.2 Смета затрат на разработку проекта

Капитальные вложения в проект определяются по следующей формуле:

$$K_{\text{ИР}} = K_{\text{МАТ}} + K_{\text{АМ}} + K_{\text{ЗП}} + K_{\text{СО}} + K_{\text{ПРОЧ}} + K_{\text{НР}}, \text{ руб.}; \quad (59)$$

где  $K_{\text{МАТ}}$  – материальные затраты, руб.;  $K_{\text{АМ}}$  – амортизация компьютерной техники, руб.;  $K_{\text{ЗП}}$  – затраты на заработную плату, руб.;  $K_{\text{СО}}$  – затраты на

социальные нужды;  $K_{\text{ПРОЧ}}$  – прочие затраты, руб.;  $K_{\text{НР}}$  – накладные расходы, руб.

#### 10.2.1 Материальные затраты

Материальные затраты принимаем в размере 1000 руб на канцелярские товары,  $K_{\text{МАТ}}=1000$  руб.

#### 10.2.2 Амортизация компьютерной техники

При выполнении данного проекта была использована компьютерная техника, в связи с этим необходимо рассчитать амортизацию от ее использования.

Затраты на амортизацию компьютерной техники рассчитываем по формуле:

$$K_{\text{АМ}} = \frac{T_{\text{ИСП. КОМП.Т.}}}{T_{\text{КАЛ.Д}}} \cdot \Pi_{\text{КОМП.Т}} \cdot \frac{1}{T_{\text{СЛ}}}, \text{ руб.}, \quad (60)$$

где  $T_{\text{ИСП. КОМП.Т.}}$  – время использования компьютерной техники;  $T_{\text{КАЛ.Д}}$  – календарное время, (365 дней);  $\Pi_{\text{КОМП.Т}}$  – стоимость техники, руб.;  $T_{\text{СЛ}}$  – срок службы компьютерной техники, 5 лет;

$$K_{\text{АМ. КОМП}} = \frac{25}{365} \cdot 55115 \cdot \frac{1}{5} = 755 \text{ руб.}$$

#### 10.2.3 Затраты на заработную плату

В состав затрат на оплату труда включаются:

- выплаты заработной платы за фактически выполненные работы, исходя из должностных окладов в соответствии с принятыми на предприятии нормами и системами оплаты труда;
- выплаты, обусловленные районным регулированием оплаты труда;
- оплата в соответствии с действующим законодательством очередных и дополнительных отпусков.

Фонд заработной платы рассчитывается по формуле:

$$\Phi ЗП_{\text{МЕС}} = K_{\text{З/ПЛ}} = ЗП_{\text{ИНЖ}} + ЗП_{\text{Н.Р.}}, \text{ руб.}, \quad (61)$$

где  $ЗП_{\text{ИНЖ}}$  – заработная плата инженера, руб.;  $ЗП_{\text{Н.Р.}}$  – заработная плата научного руководителя, руб.

Месячная заработная плата:

$$ЗП_{\text{МЕС}} = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ руб.}, \quad (62)$$

где  $ЗП_0$  – месячный оклад научного руководителя (26300 руб.), инженера (17000 руб.);

$K_1$  – коэффициент, учитывающий отпуск, (1,1);

$K_2$  – районный коэффициент, для города Томска 30%.

Месячная заработная плата научного руководителя составляет:

$$ЗП_{\text{МЕС}} = 26300 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 37609 \text{ руб.}$$

Месячная заработная плата инженера составляет:

$$ЗП_{\text{МЕС}} = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ руб.}$$

Расчет средней заработной платы согласно затраченному времени на выполнение ВКР находим по формуле:

$$ЗП_{\text{СР}} = \frac{ЗП_{\text{МЕС}}}{21} \cdot n^{\Phi}, \text{ руб.},$$

где 21 – число рабочих дней в месяц;  $n^{\Phi}$  – фактическое число дней в проекте.

$$ЗП_{\text{СР.Н.Р.}} = \frac{37609}{21} \cdot 4 = 7163,62 \text{ руб.};$$

$$ЗП_{\text{СР.ИНЖ}} = \frac{24310}{21} \cdot 37 = 42831,9 \text{ руб.}$$

Общий фонд заработной платы составляет:

$$\Phi ЗП_{\text{МЕС}} = K_{\text{З/ПЛ}} = 42831,90 + 7163,62 = 49995,52 \text{ руб.}$$

#### 10.2.4 Затраты на социальные отчисления

Данная статья отражает обязательные отчисления по установленным законодательным нормам органам государственного социального

страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования. Затраты на социальные нужды рассчитываются как доля 30% от затрат на оплату труда: по формуле:

$$K_{C.O.} = 0,3 \cdot K_{З/ПЛ}, \text{ руб.}, \quad (63)$$

$$K_{C.O.} = 0,3 \cdot 49995,52 = 14998,66 \text{ руб.}$$

#### 10.2.5 Прочие затраты

К прочим затратам относятся налоги, отчисления во внебюджетные фонды, затраты на командировки и т.д. Прочие затраты рассчитываются как 10% от суммы материальных затрат, затрат на заработную плату и отчислений на социальные нужды, амортизационных отчислений:

$$K_{ПР} = 0,1 \cdot (K_{МАТ} + K_{АМ} + K_{З/ПЛ} + K_{C.O.}), \text{ руб.}, \quad (64)$$

$$K_{ПР} = 0,1 \cdot (1000 + 755 + 49995,52 + 14998,66) = 6674,92 \text{ руб.}$$

#### 8.2.6 Накладные расходы

Накладные расходы рассчитываются как 200% от затрат на оплату труда.

$$K_{НР} = 2 \cdot K_{З/ПЛ}, \text{ руб.}, \quad (65)$$

$$K_{НР} = 2 \cdot 49995,52 = 99991,04 \text{ руб.}$$

Полученные данные приведены в таблице 18.

Суммарные затраты на проект составили:

$$K_{ПР} = 1000 + 755 + 49995,52 + 14998,66 + 6674,92 + 99991,04 = 173415,14 \text{ руб.}$$

Таблица 18 – Смета затрат на проект

Элементы затрат	Стоимость, руб.
Материальные затраты, $K_{МАТ}$	1000
Амортизация компьютерной техники, $K_{АМ}$	755
Затраты на заработную плату, инженера и научного руководителя, $K_{З/ПЛ}$	49995,52
Затраты на социальные нужды, $K_{C.O.}$	14998,66
Прочие затраты, $K_{ПР}$	6674,92
Накладные расходы, $K_{НР}$	99991,04
Итого, $K_{ПР}$	173415,14



### 10.3 Расчет экономической эффективности

Выполним оценку экономической эффективности внедрения проекта. Для этого рассчитаем годовые эксплуатационные издержки на обслуживание тепловых сетей квартала, затраты на покупку тепловой энергии от источника и сумму выручку от реализации тепловой энергии потребителю.

10.3.1 Годовые эксплуатационные издержки по тепловым сетям составляют:

$$I_{\text{ГОД}}^{\text{ТС}} = I_{\text{АМ}} + I_{\text{РЕМ}} + I_{\text{ПТ}} + I_{\text{ЗП}} + I_{\text{СОЦ}} + I_{\text{ПР}}, \text{ руб./год}, \quad (66)$$

где  $I_{\text{АМ}}$  – амортизационные отчисления, руб.;  $I_{\text{РЕМ}}$  – затраты на ремонт, руб.;  $I_{\text{ПТ}}$  – затраты на перекачку теплоносителя, руб.;  $I_{\text{ЗП}}$  – затраты на заработную плату, руб.;  $I_{\text{СОЦ}}$  – отчисления на социальные нужды, руб.;  $I_{\text{ПР}}$  – прочие затраты, руб.

1) Затраты на амортизацию:

$$I_{\text{АМ}} = H_{\text{АМ}} \cdot K_{\text{ТС}}, \text{ руб.}, \quad (67)$$

где  $H_{\text{АМ}}$  – норма амортизации,  $K_{\text{ТС}}$  – капитальные затраты на тепловые сети, руб.

Норма амортизации рассчитывается по формуле:

$$H_{\text{АМ}} = \frac{1}{T} \cdot 100 = \frac{1}{30} \cdot 100 = 3,33, \% \quad (68)$$

где  $T$  – нормативный срок службы данного вида основных фондов, лет. Согласно Общероссийского классификатора основных средств (ОКОФ), сеть тепловая магистральная относится к 10 амортизационной группе, срок полезного использования 30 лет.

Затраты на амортизацию составляют:

$$I_{\text{АМ}} = 0,033 \cdot 65956031,97 = 2176549,10 \text{ руб.}$$

2) Затраты на ремонт рассчитываются в процентах от капитальных затрат.

Затраты на ремонт тепловых сетей, согласно СО 34.20.611-2003 Нормативы затрат на ремонт в процентах от балансовой стоимости конкретных видов основных средств электростанций, составляют 1,33 %.

$$И_{РЕМ} = 0,0133 \cdot 65956031,97 = 877215,23 \text{ руб.}$$

3) затраты на перекачку теплоносителя  $И_{ПТ}$  определяются по формуле:

$$И_{ПТ} = \mathcal{E}_{ГОД} \cdot \tau_{\mathcal{E}}, \text{ руб.}, \quad (69)$$

где  $\tau_{\mathcal{E}}$  – тариф на электрическую энергию в данной энергосистеме, руб.,  $\tau_{\mathcal{E}} = 2,05$  руб./кВт·ч;  $\mathcal{E}_{ГОД}$  – годовой расход электрической энергии на привод сетевых насосов, рассчитываемый по формуле:

$$\mathcal{E}_{ГОД} = \frac{G \cdot H \cdot h \cdot 10^{-3}}{\rho \cdot \eta_{НУ}}, \quad (70)$$

где  $G$  – расход воды в сети,  $G = 88,3$  кг/с;  $H$  – напор, Па,  $H = 242403$  Па;  $h$  – число часов работы системы при напоре  $H$  и расходе  $G$ , ч/год,  $h = 5568$  ч.;  $\eta_{НУ}$  – КПД насосной установки,  $\eta_{НУ} = 0,6$ ;  $\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>,  $\rho = 975$  кг/м<sup>3</sup>.

$$\mathcal{E}_{ГОД} = \frac{88,3 \cdot 242403 \cdot 5568 \cdot 10^{-3}}{975 \cdot 0,6} = 203723,93 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Подставляя полученные значения определяем затраты на перекачку по формуле (48):

$$И_{ПТ} = 203723,93 \cdot 2,05 = 417634,06 \text{ руб.}$$

4) затраты на заработную плату  $И_{ЗП}$  обслуживающего персонала

Согласно норм обслуживания на данный квартала составляет 3 слесаря и один мастер. Прямой фонд ЗП, руб., основных рабочих рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{ПРЯМ} = \text{Окл} \cdot Ч_{\text{р}} \cdot 12, \text{ руб.}, \quad (71)$$

где Окл – оклад одного слесаря 4 разряда составляет 25000 руб., мастера – 35000 руб.;  $Ч_{\text{р}}$  – численность персонала;

$$ЗП_{\text{ПРЯМ}} = (25000 \cdot 3 + 35000 \cdot 1) \cdot 12 = 1320000 \text{ руб.}$$

Затраты на основную заработную плату  $ЗП_{\text{ОСН}}$  производственных рабочих, кроме прямой, включают доплаты по премиальным системам и выплаты по районному коэффициенту:

$$ЗП_{\text{ОСН}} = (ЗП_{\text{ПРЯМ}} + ЗП_{\text{ПРЕМ}}) \cdot K_p, \text{ руб.} \quad (72)$$

где  $ЗП_{\text{ПРЕМ}}$  – премиальный фонд, руб., составляет 30% от оклада;  $K_p$  – районный коэффициент, по г. Кемерово  $K_p = 30\%$ .

$$ЗП_{\text{ОСН}} = (1320000 + (0,3 \cdot 1320000)) \cdot 1,3 = 2230800 \text{ руб./год.}$$

Дополнительная зарплата

Оплата отпусков, льгот и т.д. относится к статье «Дополнительная заработная плата». Определяем  $ЗП_{\text{ДОП}}$  по формуле:

$$ЗП_{\text{ДОП}} = ЗП_{\text{ОСН}} \cdot K_1 = 2230800 \cdot 0,1 = 223080, \text{ руб.}; \quad (73)$$

где  $K_1$  – процент дополнительной заработной платы,  $K_1 = 10\%$ .

Затраты на заработную плату  $И_{\text{ЗП}}$  составляют:

$$И_{\text{ЗП}} = ЗП_{\text{ОСН}} + ЗП_{\text{ДОП}} = 2230800 + 223080 = 2453880 \text{ руб.}$$

5) Затраты на социальные отчисления

Затраты на социальные нужды рассчитываются как доля 30% от затрат на оплату труда:

$$И_{\text{СОЦ}} = 0,3 \cdot И_{\text{ЗП}} = 0,3 \cdot 2453880,00 = 736164,00, \text{ руб.} \quad (74)$$

6) Прочие затраты

Прочие затраты рассчитываются как 10% от суммы всех эксплуатационных расходов по тепловым сетям.

$$И_{\text{ПР}} = 0,1 \cdot (И_{\text{АМ}} + И_{\text{РЕМ}} + И_{\text{ИТ}} + И_{\text{ЗП}} + И_{\text{СОЦ}}), \quad (75)$$

$$\begin{aligned} И_{\text{ПР}} &= 0,1 \cdot (2176549,10 + 877215,23 + 417634,06 + 2453880,00 + 736164,00) = \\ &= 666144,24 \text{ руб.} \end{aligned}$$

7) Общие суммарные годовые эксплуатационные расходы по тепловым сетям составляют (формула 66):

$$I_{\text{год}}^{\text{ТС}} = 2176549,1 + 877215,23 + 417634,06 + 2453880 + 736164 + 666144,24 = 7327586,63 \text{ руб.}$$

### 10.3.2 Расчет эффективности:

Покупка тепловой энергии у АО «Кемеровская Генерация» 55916,8 МВт/год = 48079,794 Гкал/год по цене 896,68 руб./Гкал (с НДС) (тариф на покупку тепловой энергии на 2018г.).

$$I_Q = 48079,794 \cdot 896,68 = 43112189,68 \text{ руб.}$$

Реализация тепловой энергии потребителям 48079,794 Гкал/год по цене 1383,48 руб./Гкал (с НДС).

$$B = 48079,794 \cdot 1383,48 = 66517433,40 \text{ руб.}$$

Годовая эффективность:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = B - I_Q - I_{\text{год}}^{\text{ТС}}, \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 66517433,40 - 43112189,68 - 7327586,63 = 16077657,12 \text{ руб.}$$

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5БЗБ1	Котлярова Наталья Юрьевна

	Инженерная школа энергетики	Отделение/НОЦ	НОЦ И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Проектирование системы теплоснабжения микрорайона №7Б города Кемерово
--	---

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность	Анализ источников опасностей и вредностей – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия) .
2. Экологическая безопасность:	экологическая безопасность при организации строительства
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	безопасность в чрезвычайных ситуациях
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	правовые нормы трудового законодательства

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Василевский Михаил Викторович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5БЗБ1	Котлярова Наталья Юрьевна		

## 11 Социальная ответственность

### Введение

Корпоративная социальная ответственность (КСО, также называемая корпоративная ответственность, ответственный бизнес и корпоративные социальные возможности) – это концепция, в соответствии с которой организации учитывают интересы общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров, местные сообщества и прочие заинтересованные стороны общественной сферы.

Корпоративная социальная ответственность – это постоянная приверженность бизнеса принципам ведения дела на основе этики и готовность вносить свой вклад в экономическое развитие, улучшая одновременно качество жизни и своих работников с их семьями, и общества в целом.

В системе корпоративного управления важное место отводится социальной ответственности, которая повышает рейтинг компаний, дает им конкурентное преимущество при привлечении инвестиций, улучшает качество управления компанией.

Индивидуальная социальная ответственность – ответственность человека за результаты своей деятельности (прикладывает усилия, чтобы не наносить вред сотрудникам, предприятию, всему обществу или природе).

Социальная ответственность (корпоративная и индивидуальная) – важная составляющая устойчивого будущего человечества.

Как особый, комплексный вид деятельности, КСО включает в себя ряд направлений:

- 1) принципы корпоративного управления, предполагающие подотчетность корпорации за финансово-хозяйственные результаты своей деятельности перед множеством акционеров;

- 2) политика в отношении персонала, направленная на заботу об экономическом и социальном благополучии сотрудников корпорации;

3) ответственность перед потребителем путем предоставления ему качественной продукции и достаточной информации о ней;

4) ответственные отношения с партнерами за счет добросовестного исполнения обязательств, построения долгосрочных, взаимовыгодных отношений;

5) социальная политика, включающая в себя реализацию социальных программ, благотворительность, участие в решении социальных проблем и другие добровольные действия, направленные на улучшение жизни общества;

6) охрана окружающей среды путем снижения на нее негативного воздействия, как побочного результата ведения бизнеса.

#### Профессиональная социальная безопасность

Для создания благоприятных условий для высокопроизводительного труда, усиления его творческого характера необходимо всемерное сокращение ручного, малоквалифицированного и тяжелого физического труда путем внедрения мероприятий по охране труда. Вопросам охраны труда уделяется большое внимание во всех промышленно развитых странах.

Охрана труда в нашей стране, согласно ГОСТ 12.0.002-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения, определяется как «Система законодательных актов, а также предупредительных и регламентирующих социально-экономических, организационных, технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий, средств и методов, направленных на обеспечение безопасных условий труда».

В целях дальнейшего совершенствования охраны труда в народном хозяйстве Госстандарт совместно с привлечением заинтересованных ведомств разработали единую систему стандартов безопасности труда (ССБТ).

АО «Кузбассэнерго» – «Кемеровская теплосетевая компания» осуществляет передачу и распределение тепла в г. Кемерово от источников

теплоснабжения АО «Кемеровская генерация» (входят в состав ООО «Сибирская генерирующая компания») к потребителям по водяным тепловым сетям города Кемерово. Объектом разработки проекта является система теплоснабжения строящегося жилого квартала №7Б г. Кемерово с торгово-офисными помещениями с целью присоединения потребителей тепловой энергии строящегося микрорайона к тепловым сетям АО «Кузбассэнерго» – «Кемеровская теплосетевая компания» к единой системе теплоснабжения.

### 11.1 Характеристика объекта

В качестве объекта рассматривается система теплоснабжения квартала №7Б города Кемерово. В качестве теплоносителя используется горячая вода. Температурный график регулирования температуры сетевой воды источника теплоснабжения Кемеровская ГРЭС АО «Кемеровская генерация» 150 - 70 °С.

Температура сетевой воды в подающем трубопроводе изменяется в зависимости от температуры наружного воздуха от 70 до 150 °С в течение отопительного сезона, и 70°С в межотопительный период (летнее время).

Спроектирована двухтрубная закрытая система теплоснабжения в соответствии с указаниями СП 124.13330.2012 Тепловые сети, СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов, Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением, утв. Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору №116 от 25.03.2014; СанПиН 2.1.4.2496-09 Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения.

Прокладка трубопроводов запроектирована подземная, в непроходном лотковом канале. Предусмотрены тепловые камеры для установки



отключающей запорной арматуры, спускных и воздушных кранов, сальниковых компенсаторов.

### 11.2 Опасные и вредные факторы

В зоне обслуживания тепловых сетей могут иметь место следующие опасные и вредные производственные факторы:

- повышенная влажность воздуха рабочей зоны;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола, настила);
- недостаточная освещенность;
- перемещение машин и механизмов вблизи рабочего места;
- повышенная загазованность, недостаточное содержание кислорода в воздухе рабочей зоны;
- вибрация.

### 11.3 Защита персонала от воздействия опасных и вредных факторов

Для защиты от воздействия опасных и вредных факторов необходимо применять следующие средства защиты:

- при работе вблизи движущихся механизмов следует проявлять особую осторожность, быть внимательным к сигналам, подаваемым водителями транспорта;
- при необходимости нахождения вблизи горячих частей оборудования, следует принять меры по защите от ожогов и действия высоких температур (ограждение оборудования, вентиляция, теплая спецодежда);
- при выполнении работ на участках с температурой воздуха выше 33 °С необходимо применять режим труда с интервалами времени для отдыха и охлаждения;

- работу в зонах с низкой температурой окружающего воздуха следует производить в теплой спецодежде и чередовать по времени с нахождением в тепле;

- при повышенной загазованности воздуха рабочей зоны необходимо работать в противогазовом респираторе (РПГ-67, РУ-60м и др.) или противогазе;

- при нахождении в колодцах, камерах, каналах, туннелях и в ремонтной зоне слесарь должен носить защитную каску для защиты головы от ударов случайными предметами и выступающих частей;

- при недостаточной освещенности рабочей зоны следует применять дополнительное местное освещение. При работах в теплофикационных камерах должны применяться переносные светильники напряжением не более 12 В;

- при работах на высоте более 1,3 м над уровнем земли, пола, площадки необходимо применять предохранительный пояс, при необходимости со страхующим канатом;

Слесарь должен работать в спецодежде и спецобуви и применять другие средства защиты, выдаваемые в соответствии с действующими отраслевыми нормами.

Слесарю бесплатно должны выдаваться согласно отраслевым нормам следующие средства индивидуальной защиты:

- костюм хлопчатобумажный (на 12 мес);
- куртка хлопчатобумажная утепленная (на 12 мес);
- брюки хлопчатобумажные утепленные (на 12 мес);
- сапоги резиновые (на 12 мес);
- сапоги кирзовые (на 12 мес);
- рукавицы комбинированные (на 1 мес);
- каска защитная с подшлемником;
- пояс предохранительный с лямками;
- спасатель СПИ-20 или ПДУ-3.

В зависимости от характера работ и условий их производства слесарю бесплатно временно должна выдаваться дополнительная спецодежда и защитные средства для этих условий.

#### 11.3.1 Защита от шума

Производственный шум – совокупность звуков различной интенсивности и частоты, беспорядочно изменяющихся во времени и вызывающих у работающего неприятные субъективные ощущения. Шум, ультразвук и вибрация имеют общую природу, источниками их являются колебания твердых, газообразных или жидких сред. Эти колебания передаются воздушной средой, по которой они и распространяются.

Шум оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье человека. Оно может проявляться в виде специфического поражения органа слуха, снижения слуха на восприятие шепотной речи и потери остроты слуха. Кроме непосредственного воздействия на органы слуха, шум негативно действует на многие органы и системы организма, в первую очередь на центральную нервную систему, в которой функциональные изменения происходят зачастую раньше, чем определяется нарушение слуховой чувствительности.

Сильный шум вызывает трудности в распознавании световых сигналов, снижает быстроту восприятия цвета, зрительную адаптацию, нарушает восприятие визуальной информации, снижает способность быстро и точно выполнять координированные действия, уменьшает производительность труда, раньше возникает чувство усталости и развиваются признаки утомления.

Основной источник шума в вентиляционных установках – вентилятор, причем преобладающим является аэродинамический шум. По мере удаления от вентилятора интенсивность шума уменьшается за счет затухания в воздуховодах.

### 11.3.2 Защита от вибрации

Шум, как правило, является следствием вибрации, и поэтому на практике рабочие часто испытывают совместное неблагоприятное действие шума и вибрации. Воздействие вибрации не только отрицательно сказывается на здоровье, ухудшает самочувствие, снижает производительность труда, но иногда приводит к профессиональному заболеванию – виброболезни. Повышенные уровни вибрации и шума являются ведущими факторами в возникновении сердечно-сосудистых заболеваний.

Ручной механизированный инструмент с электро- и пневмоприводом передает интенсивные вибрации на руки рабочего и характеризуется высоким уровнем шума.

Повышенные уровни вибрации оказывают вредное воздействие на здоровье и работоспособность человека. Колебания с частотой 3...30 Гц приводят к возникновению в организме человека неприятных и вредных резонансных колебаний различных частей тела и отдельных органов, собственные частоты колебаний которых находятся в интервале частот 3...6, 6...12, 25...30 Гц. Длительное воздействие вибрации может вызвать стойкие изменения физиологических функций человека. Объективно неблагоприятное действие вибраций выражается в виде утомления, головной боли, болей в суставах кистей рук и пальцев, повышенной раздражительности.

При нормировании вибрации исходят из того, что работа возможна в приемлемых условиях труда, т.е. когда вредное воздействие вибрации проявляется незначительно, не приводя к профессиональным заболеваниям. Классифицируют вибрацию по ГОСТ 12.01.012-90 «Вибрационная безопасность». Общая вибрация нормируется по следующим октавным полосам частот: 1, 2, 4, 8, 16, 31.5, 63 Гц.

Основными источниками вибрации в выпускном проекте являются вентиляторы, ручной механизированный инструмент

### 11.3.3 Микроклимат

Согласно ГОСТ 30494-2011 микроклимат – это совокупность внешних условий, определяющих самочувствие человека и обеспечивающих его здоровье и работоспособность.

Показателями, характеризующими микроклимат, являются:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового излучения.

Эти параметры отдельно и в комплексе влияют на человека и определяют его самочувствие. В результате окислительных процессов в организме человека выделяется теплота, часть которой репродуцируется и отдается наружу. Количество теплоты зависит от массы тела человека, интенсивности физической нагрузки и несколько варьирует от индивидуальных особенностей человека. В обычных условиях в организме человека поддерживается постоянное соотношение между приходом и расходом тепла. При изменении влажности и температуры воздуха теплоотдача с поверхности тела человека будет неодинакова. В производственных условиях, когда температура воздуха и окружающих поверхностей ниже температуры кожи, теплоотдача осуществляется преимущественно конвекцией и излучением. Если же температура воздуха и окружающих поверхностей такая же, как температура кожи или выше ее, теплоотдача возможна лишь испарением влаги с поверхности тела и с верхних дыхательных путей, если воздух не насыщен водяными парами.

При разных метеорологических условиях в организме человека происходит изменение в ряде функций систем и органов, принимающих участие в терморегуляции – системе кровообращения, нервной и потоотделительной системах. Косвенными показателями теплового состояния могут служить влагопотери и реакция сердечно-сосудистой

системы (частота сердечных сокращений, уровень артериального давления и минутный объем крови).

Стойкое нарушение терморегуляции, вследствие постоянного перенагревания или переохлаждения организма обуславливает возникновение ряда заболеваний.

В условиях нагревающего микроклимата может произойти значительное напряжение, и даже нарушение терморегуляции, в результате которого возможно перегревание организма. Это состояние характеризуется повышением температуры тела, учащением пульса, обильным потоотделением и, при сильной степени перегревания, тепловым ударом: расстройством координации движений, адинамией, падением артериального давления, потерей сознания. Может развиваться также и судорожная болезнь.

Холодовый дискомфорт (конвекционный и радиационный) вызывает в организме человека терморегуляторные сдвиги, направленные на ограничение теплопотерь и увеличение теплообразования. Ограничение теплопотерь организма происходит за счет сужения сосудов в периферических тканях. Под влиянием низких и пониженных температур воздуха могут развиваться ознобления (припухлость кожи, ее зуд и жжение), обморожение, миозиты, невриты, радикулиты.

#### 11.3.4 Электробезопасность

Согласно ГОСТ 12.1.009-76, электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Электрические установки представляют для человека большую потенциальную опасность, т.к. в процессе эксплуатации или проведения профилактических работ человек может коснуться частей, находящихся под напряжением. Специфическая опасность электроустановок: токоведущие проводники, корпуса стоек и прочее оборудование, оказавшееся под напряжением в результате повреждения изоляции, не подают каких-либо

сигналов, которые предупреждали бы человека об опасности. Проходя через тело человека, электрический ток оказывает на него сложное воздействие.

Виды действия тока на человека:

- термическое, проявляется в ожогах, нагреве органов, находящихся на пути прохождения тока, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства, связанные со свертыванием белка;

- электролитическое, проявляется в том, что в крови, лимфе, клетках начинается процесс электролиза неорганических и, частично, органических компонентов, вызывая нарушение их физико-химического состава, что приводит к нарушению нормального обмена веществ в организме;

- механическое, выражается в расслоении, разрыве и других повреждениях различных тканей организма (мышечные, легочные ткани) в результате электродинамического эффекта;

- биологическое, проявляется в возбуждении и раздражении живых тканей, а также в нарушении внутренних биологических процессов.

Любое из перечисленных действий может привести к электрической травме, то есть к повреждению организма, вызванному воздействием электрического тока или электрической дуги.

Для характеристики действия тока на человека установлены три критерия:

- осязаемый пороговый ток (наименьшее значение тока, вызывающего при прохождении через организм осязаемые раздражения);

- пороговый не отпускающий ток (наименьшее значение тока, вызывающего при прохождении через организм непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник);

- пороговый фибрилляционный ток (наименьшее значение тока, вызывающего при прохождении через организм фибрилляцию сердца).

Численные значения этих токов представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Значения пороговых токов

Род тока	Ощутимый, мА	Неотпускающий, мА	Фибрилляционный, мА
Переменный	0,5 - 1,5	6 - 10	80 – 100
Постоянный	5 - 7	50 - 80	300

Длительность прохождения тока очень сильно влияет на исход поражения, так как с течением времени снижается сопротивление кожи.

Чтобы не допустить поражения электрическим током, необходимо строго выполнять ряд организационных и технических мероприятий и средств, установленных действующими "Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правилами устройства электроустановок". К техническим средствам защиты относят:

- электрическую изоляцию токоведущих частей;
- защитное заземление и зануление;
- выравнивание потенциалов;
- защитное отключение;
- малое напряжение;
- двойную изоляцию.

#### 11.4 Экологическая безопасность

Охрана окружающей природы – проблема глобальная. Любое техногенное вмешательство в сложную по своей структуре систему, называемую «окружающей средой», со стороны инженерной и хозяйственной деятельности человека всегда нарушает равновесие, формируя техногенные процессы негативно, и лишь в отдельных исключительных случаях – позитивно, влияющие на изменение свойств окружающей среды.

Выпускная квалификационная работа выполняется по теме «Проект системы теплоснабжения квартала №7Б города Кемерова».



Строительное производство образует наряду с другими факторами техногенную экосистему, которая изменяется под воздействием строительных технологических процессов, создающих кроме целевого продукта также и механизм разрушения биосферы. Задача состоит в предотвращении или снижении интенсивности этих разрушающих воздействий и в разработке таких принципов и технологий строительного производства, которые бы не вели к деградации среды жизни.

Экологическая безопасность строительства означает защищенность природной среды от неустранимых отрицательных последствий. Эта защищенность обеспечивается реальными затратами в природоохранные мероприятия.

Для подготовки проектной документации, в целях получения материалов о природных условиях территории, на которой будет осуществляться строительство, и факторах техногенного воздействия на окружающую среду, о прогнозе их изменения, необходимых для разработки решений, выполняются инженерные изыскания, в т.ч. и инженерно-экологические, а также исследование состава почвы и грунтов на физико-химическую, эпидемиологическую, экологическую и радиологическую безопасность.

Согласно СНиП 3.01.01-85\* «Организация строительного производства» при организации строительного производства необходимо осуществлять мероприятия и работы по охране окружающей природной среды, которые должны включать рекультивацию земель, предотвращение потерь природных ресурсов, предотвращение или очистку вредных выбросов в почву, водоемы и атмосферу. Указанные мероприятия и работы должны быть предусмотрены в проектно-сметной документации.

На территории строящихся объектов не допускаются не предусмотренное проектной документацией сведение древесно-кустарниковой растительности и засыпка грунтом корневых шеек и стволов растущих деревьев и кустарников.

Выпуск воды со строительных площадок и непосредственно на склоны без надлежащей защиты от размыва не допускается. При выполнении планировочных работ почвенный слой, пригодный для последующего использования, должен предварительно сниматься и складироваться в специально отведенных местах.

Временные автомобильные дороги и другие подъездные пути должны устраиваться с учетом требований по предотвращению повреждений сельскохозяйственных угодий и древесно-кустарниковой растительности.

При производстве работ по искусственному закреплению слабых грунтов должны быть приняты предусмотренные проектом меры по предотвращению загрязнения подземных вод нижележащих горизонтов.

Производственные и бытовые стоки, образующиеся на строительной площадке, должны очищаться и обезвреживаться в порядке, предусмотренном проектом организации строительства и проектами производства работ.

Попутная разработка природных ресурсов допускается только при наличии проектной документации, согласованной соответствующими органами государственного надзора и местной администрацией.

#### 11.5 Чрезвычайные ситуации

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94, чрезвычайной ситуацией называется состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории или акватории, нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей среде.

Различают чрезвычайные ситуации по характеру источника (природные, техногенные, биолого-социальные и военные) и по масштабам (глобальные или национальные, региональные, местные и локальные или частные).

Источник ЧС:

- опасное природное явление;
- авария или опасное техногенное происшествие;
- широко распространенная инфекционная болезнь людей;
- применение современных средств поражения.

Наиболее возможной чрезвычайной ситуацией может быть пожар. При возникновении пожара ответственный за пожарную безопасность должен:

- отключить напряжение;
- принять меры к эвакуации людей;
- по телефону 01 или 112 сообщить дежурному пожарной охраны о случившемся;
- при необходимости вызвать скорую помощь;
- до прибытия пожарных начать тушить пожар самостоятельно при помощи углекислотного огнетушителя.

Пожар представляет собой неконтролируемое горение, развивающееся во времени и пространстве, опасное для людей и наносящее материальный ущерб.

Опасными факторами, воздействующими на людей и материальные ценности при пожаре, являются:

- пламя и искры;
- повышенная температура окружающей среды;
- токсичные продукты горения и термического разложения;
- дым;
- пониженная концентрация кислорода.

К вторичным проявлениям опасных факторов пожара, воздействующих на людей и материальные ценности, относятся:

- осколки, части разрушившихся аппаратов, агрегатов, установок, конструкций;
- радиоактивные и токсичные вещества и материалы, вышедшие из разрушенных аппаратов и установок;

- электрический ток, возникший в результате выноса высокого напряжения на токопроводящие части конструкций, аппаратов, агрегатов;
- огнетушащие вещества.

Пожар сопровождается химическими и физическими явлениями: химической реакцией горения, выделением и передачей тепла, выделением и распространением продуктов сгорания, газовым обменом. Все эти явления на пожаре взаимосвязаны и протекают на основе общих законов физики.

Пожары в зданиях и сооружениях характеризуются быстрым повышением температуры, задымлением помещений, распространением огня открытыми путями и потерей конструкциями несущей способности.

11.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;

- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты работников в соответствии с требованиями охраны труда за счёт работодателя;

- внеочередной медицинский осмотр (обследование) в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка на время прохождения указанного медицинского осмотра;

- компенсации, установленные законодательством Российской Федерации и законодательством субъектов Российской Федерации, коллективным договором (соглашением), трудовым договором (контрактом), если он занят на тяжёлых работах и работах с вредными или опасными условиями труда.

#### Вывод по разделу

В результате выполненной работы при проектировании системы теплоснабжения квартала №7Б города Кемерово для подключения объектов микрорайона к системе теплоснабжения города предусмотрено применение материалов, отвечающих требованиям экологической безопасности, обеспечению энергосбережения и энергетической эффективности, обеспечению надежного теплоснабжения потребителей. Строительство нового квартала, подключение системы теплоснабжения к единой централизованной системе теплоснабжения города приведет к улучшению жизни людей, снятию социальной напряженности.

## Заключение

В дипломной работе разработан проект по теплоснабжения квартала 7Б г. Кемерово.

Для этого были рассчитаны тепловые нагрузки на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжения, определены расходы теплоносителя.

Выбран вид и способ прокладки тепловых сетей для бесперебойного теплоснабжения квартала.

По результатам гидравлического расчета были определены диаметры трубопроводов, а также потери давления на участках. На основании гидравлического расчета были построены пьезометрические графики для летнего и зимнего режима работ.

Произведен расчет температурных удлинений, на основании которого были подобраны компенсирующие устройства.

Проведен выбор и расчет тепловой изоляции.

Проведен выбор и расчет оборудования индивидуального теплового пункта.

#### Список используемых источников

- 1 СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* – М., 2012.
- 2 ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».
3. Хрусталеv Б.М. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование. Изд-во АСВ, 2008. – 784с., 183 ил
4. СП 124.13330.2012 Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003.
5. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. — 7-е изд., стереот. — М.: Издательство МЭИ, 2001. — 472 с.: ил.
6. Апарцев М. М. Наладка водяных систем централизованного теплоснабжения: Справочное пособие/– М.: Энергоатомиздат, 1983. – 204 с.
7. Николаев А. А. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей. – М.: Издательство литературы по строительству, 1965. – 359 с.
8. СНиП 41-03-2003 Свод правил Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов Актуализированная редакция
9. Беляйкин И. В. Водяные тепловые сети. Справочное пособие по проектированию, под ред. Н. К. Громова, Е.П. Шубина, Энергоатомиздат, М., 1988,
- 10 СП 41-101-95. Свод правил “Проектирование тепловых пунктов”
- 11 ФНП в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25 марта 2014 г. № 116
- 12 <https://www.c-o-k.ru/library/catalogs/alfa-laval/10278>